

**PERAMALAN STATUS SIAGA BANJIR BERDASARKAN DATA  
CURAH HUJAN (ARR) DAN TINGGI MUKA AIR (AWLR)  
MENGUNAKAN METODE *FUZZY TIME SERIES*  
(STUDI KASUS: PERUM JASA TIRTA I)**

**SKRIPSI**

Untuk memenuhi sebagian persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Komputer

Disusun oleh:  
Arina Rufaida  
NIM:135150201111085



PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA  
JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA  
FAKULTAS ILMU KOMPUTER  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
MALANG  
2018

## PENGESAHAN

PERAMALAN STATUS SIAGA BANJIR BERDASARKAN DATA CURAH HUJAN (ARR)  
DAN TINGGI MUKA AIR (AWLR) MENGGUNAKAN METODE *FUZZY TIME SERIES*  
(STUDI KASUS: PERUM JASA TIRTA I)

### SKRIPSI

Untuk memenuhi sebagian persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Komputer

Disusun Oleh:

Arina Rufaida


NIM:135150201111085

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada  
31 Juli 2018

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

  
M. Tanzil Furgon, S.Kom, M.CompSc

NIP. 19820930 200801 1 004

  
Bayu Rahayudi, S.T, M.T

NIP. 19740712 200604 1 001

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Informatika



  
Astoto Kurniawan, S.T, M.T, Ph.D

NIP. 19710518 200312 1 001

## PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya, di dalam naskah skripsi ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila ternyata didalam naskah skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur plagiasi, saya bersedia skripsi ini digugurkan dan gelar akademik yang telah saya peroleh (sarjana) dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, Pasal 25 ayat 2 dan Pasal 70).

Malang, 31 Juli 2018



Arina Rufaida

NIM: 135150201111085

## KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh. Alhamdulillah Rabbil 'Alamin. Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena atas berkah, rahmat serta hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini dengan baik.

Selama prosesnya, penulis dapat belajar banyak dan mengaplikasikan ilmu yang diperoleh selama perkuliahan. Semoga penulis dapat terus mengembangkan ilmu yang telah didapat dengan baik selama perkuliahan maupun saat magang. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Komputer di Fakultas Ilmu Komputer Universitas Brawijaya yang berjudul PERAMALAN SIAGA BANJIR BERDASARKAN DATA CURAH HUJAN (ARR) DAN TINGGI MUKA AIR (AWLR) MENGGUNAKAN METODE *FUZZY TIME SERIES* (STUDI KASUS: PERUM JASA TIRTA I).

Penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak akan berhasil tanpa bantuan dari beberapa pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan rasa hormat dan terima kasih kepada:

1. Bapak M. Tanzil Furqon, S.Kom, M.CompSc dan Bapak Bayu Rahayudi, S.T, M.T selaku Pembimbing skripsi yang telah sabar membimbing dan mengarahkan penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.
2. Bapak Wayan Firdaus Mahmudy, S.Si, M.T, Ph.D selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Brawijaya Malang yang telah memberikan kesempatan untuk pelaksanaan skripsi
3. Bapak Tri Astoto Kurniawan, S.T, M.T, Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Brawijaya Malang yang telah memberikan kesempatan untuk pelaksanaan skripsi.
4. Bapak Agus Wahyu Widodo, S.T, M.Cs selaku Ketua Program Studi Fakultas Ilmu Komputer Universitas Brawijaya Malang yang telah memberikan kesempatan untuk pelaksanaan skripsi.
5. Kedua orang tua, kedua adik kandung, serta keluarga besar penulis yang selalu memberikan doa, semangat, nasehat, dan dukungan yang tiada hentinya agar penulis mampu menyelesaikan skripsi ini.
6. Suami Feri Eka Wahyudi dan anak Faraz Arlof Arasy yang dengan sabar, tak henti-hentinya memberikan pertimbangan, masukan, dan semangat hingga terselesaikannya pengerjaan skripsi ini.
7. Untuk para sahabat Laila, Sayyidah, Arina, Ria, Nadia, Rinindya, dan We Are Family yang selalu ada untuk memberi berbagai macam bantuan, motivasi, semangat, kerjasama dan dukungan di tiap proses perkuliahan berlangsung hingga proses penyelesaian penyusunan skripsi ini.
8. Sahabat GSPN520 Valen, Rania, Medina, Rara, Azizah yang selalu memberikan dukungan, motivasi, dan memberikan semangat dalam pengerjaan skripsi.

9. Rekan-rekan seperjuangan di berbagai kepanitiaan dan organisasi yang telah banyak memberikan pelajaran dan pengalaman baru di sela-sela menjalani masa perkuliahan.
10. Para Dosen Fakultas Ilmu Komputer Universitas Brawijaya yang telah bersedia membagi ilmu yang telah didapat kepada penulis beserta Staff Akademik yang telah memberikan bantuan akademik selama proses menempuh studi hingga penyelesaian skripsi.
11. Seluruh pihak yang telah membantu kelancaran skripsi ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih banyak kekurangan baik format laporan maupun isi laporan. Oleh karena itu, kami mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari para pembaca guna perbaikan untuk selanjutnya. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak, Amin.

Malang, 31 Agustus 2018

Penulis

arinarufaida2@gmail.com

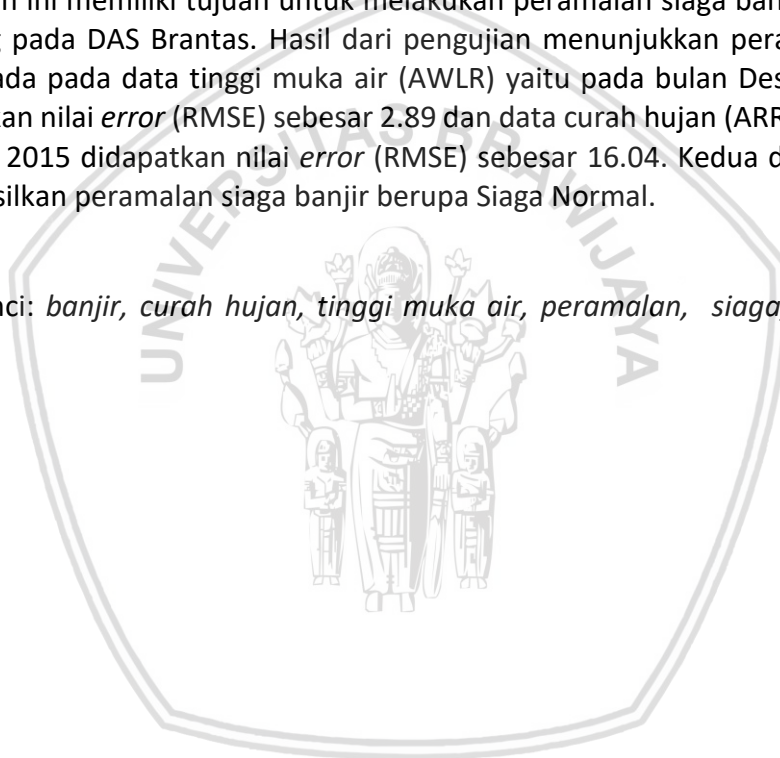




## ABSTRAK

Banjir merupakan keadaan dimana aliran air lebih tinggi dari keadaan normal muka air sehingga menggenangi daerah disekitarnya. Gelombang banjir mengalir dari hulu ke hilir dan berinteraksi dengan meningkatnya kapasitas air muara. Banjir bisa terjadi karena curah hujan yang tinggi, luapan dari sungai, faktor hancurnya retensi Daerah Aliran Sungai (DAS). Dari hal tersebut, diperlukan sistem yang dapat melakukan peramalan untuk memudahkan dalam menganalisa status siaga banjir di masa mendatang. Metode regresi yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *Fuzzy Time Series*. Metode FTS merupakan sebuah model yang biasanya digunakan untuk melakukan peramalan data berdasarkan urutan waktu. Penelitian ini memiliki tujuan untuk melakukan peramalan siaga banjir di Stasiun Kambing pada DAS Brantas. Hasil dari pengujian menunjukkan peramalan siaga banjir pada data tinggi muka air (AWLR) yaitu pada bulan Desember 2016 didapatkan nilai *error* (RMSE) sebesar 2.89 dan data curah hujan (ARR) pada bulan Februari 2015 didapatkan nilai *error* (RMSE) sebesar 16.04. Kedua data tersebut menghasilkan peramalan siaga banjir berupa Siaga Normal.

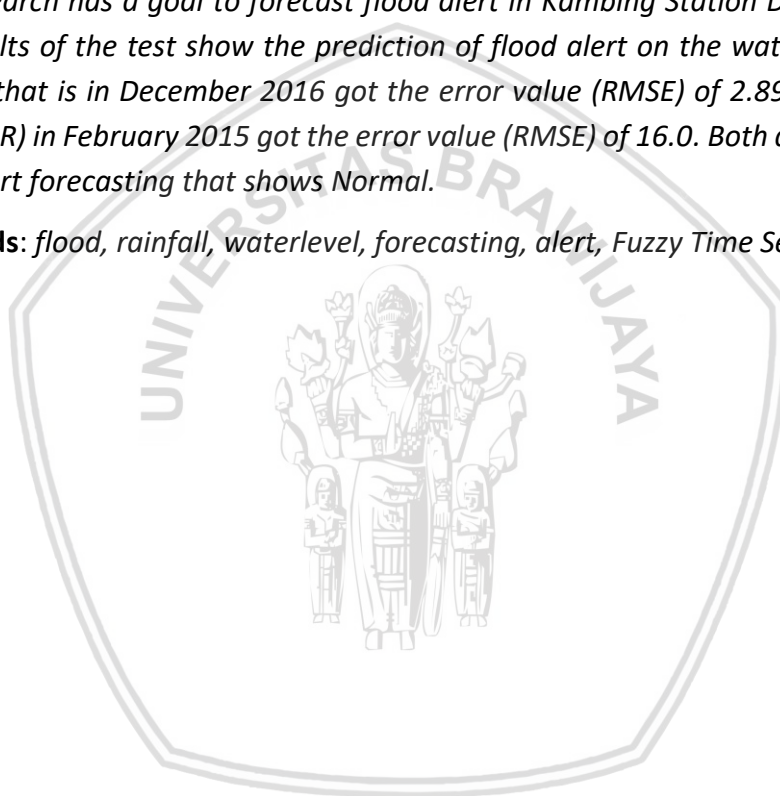
Kata kunci: *banjir, curah hujan, tinggi muka air, peramalan, siaga, Fuzzy Time Series.*



## ABSTRACT

*Flood is a condition where water flow is higher than normal water level so it flooded the surrounding area. Floodwaves flow from upstream to downstream and interact with increasing water capacity of the estuary. Floods can occur due to high rainfall, overflow from the river, the destruction factor of Watershed (DAS). From that point on, a system that is able to forecast to make it easier to analyze the flood alert status in the future. Regression method used in this research is Fuzzy Time Series. The FTS method is a model usually used to forecast data in sequence. This research has a goal to forecast flood alert in Kambing Station DAS Brantas . The results of the test show the prediction of flood alert on the water level data (AWLR) that is in December 2016 got the error value (RMSE) of 2.89 and rainfall data (ARR) in February 2015 got the error value (RMSE) of 16.0. Both data resulted flood alert forecasting that shows Normal.*

**Keywords:** *flood, rainfall, waterlevel, forecasting, alert, Fuzzy Time Series.*



## DAFTAR ISI

PENGESAHAN .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
PERNYATAAN ORISINALITAS .....	ii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT .....	vii
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xii
KODE PROGRAM .....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar belakang.....	1
1.2 Rumusan masalah.....	2
1.3 Tujuan .....	2
1.4 1Manfaat.....	2
1.5 Batasan masalah .....	3
1.6 Sistematika pembahasan.....	3
BAB 2 LANDASAN KEPUSTAKAAN .....	5
2.1 Kajian Pustaka .....	5
2.2 Peramalan .....	8
2.2.1 Data <i>Time Series</i> (Data Berskala) .....	9
2.3 Langkah-Langkah Peramalan .....	9
2.4 Metode <i>Fuzzy</i> .....	10
2.5 <i>Fuzzy Time Series</i> .....	10
2.6 Ukuran Ketetapan Peramalan.....	12
2.7 Banjir .....	13
2.8 Jenis Banjir .....	13
2.9 Penyebab Banjir .....	14
2.10 Curah Hujan (ARR) & Tinggi Muka Air (AWLR) .....	14
BAB 3 METODOLOGI .....	16



3.2 Studi Literatur .....	17
3.3 Analisis Kebutuhan .....	17
3.3.1 Perangkat Keras yang Digunakan.....	17
3.3.2 Perangkat Lunak yang Digunakan .....	17
3.4 Pengumpulan Data .....	18
3.5 Pengolahan Data.....	18
3.6 Perancangan Sistem.....	19
3.7 Implementasi .....	19
3.8 Pengujian Sistem dan Analisis Hasil.....	20
3.9 Kesimpulan.....	20
BAB 4 PERANCANGAN SISTEM.....	21
4.1 Formulasi Permasalahan.....	21
4.2 Perancangan Algoritma .....	23
4.2.1 Tentukan Himpunan Semesta $U$ .....	23
4.2.2 Tentukan Himpunan Semesta $U$ .....	25
4.2.3 Fuzzifikasi .....	26
4.2.4 Tentukan <i>Fuzzy Logic Relationship</i> (FLR) .....	27
4.2.5 Tentukan <i>Fuzzy Logic Relationship Group</i> (FLRG) .....	27
4.2.6 Defuzzifikasi.....	28
4.2.7 Peramalan .....	29
4.2.8 Tentukan Nilai RMSE .....	30
4.3 Penyelesaian Masalah Menggunakan <i>Fuzzy Time Series</i> .....	31
4.3.1 Data AWLR .....	31
4.3.2 Data ARR.....	37
4.4 Perancangan Antarmuka .....	43
4.4.1 Perancangan Antarmuka Halaman Utama .....	43
4.4.2 Perancangan Antarmuka Hasil Peramalan.....	43
4.4.3 Perancangan Antarmuka Halaman Output.....	44
4.5 Perancangan Pengujian Algoritma.....	45
4.5.1 Pengujian dengan Panjang Interval .....	45
BAB 5 IMPLEMENTASI .....	46
5.4.1 Implementasi Inisialisasi data ARR dan AWLR .....	46

5.4.2 Implementasi Himpunan Semesta $U$ .....	49
5.4.3 Implementasi Jumlah Interval <i>Fuzzy</i> .....	49
5.4.4 Implementasi Fuzzifikasi .....	50
5.4.5 Implementasi <i>Fuzzy Logic Relationship</i> (FLR).....	51
5.4.6 Implementasi <i>Fuzzy Logic Relationship Group</i> (FLRG) .....	51
5.4.7 Implementasi Defuzzifikasi .....	51
5.4.8 Implementasi Peramalan .....	53
5.4.9 Implementasi Nilai RMSE .....	53
5.4.10 Implementasi Status Siaga Banjir .....	54
5.4.11 Implementasi Antarmuka .....	54
BAB 6 PENGUJIAN .....	57
6.1 Pengujian Data AWLR .....	57
6.1.1 Pengujian Jumlah Interval .....	57
6.2 Pengujian Data ARR .....	59
6.2.1 Pengujian Jumlah Interval .....	59
6.3 Perbandingan Data Aktual dengan Hasil Peramalan Menggunakan <i>Fuzzy Time Series</i> .....	61
BAB 7 PENUTUP .....	62
7.1 Kesimpulan.....	62
7.2 Saran .....	62
DAFTAR PUSTAKA.....	64
LAMPIRAN A DATA AKTUAL DAN HASIL PREDIKSI PERAMALAN DATA AWLR (DESEMBER 2016) .....	66
LAMPIRAN B DATA AKTUAL DAN HASIL PERAMALAN DATA ARR (FEBRUARI 2015) .....	82

## DAFTAR TABEL

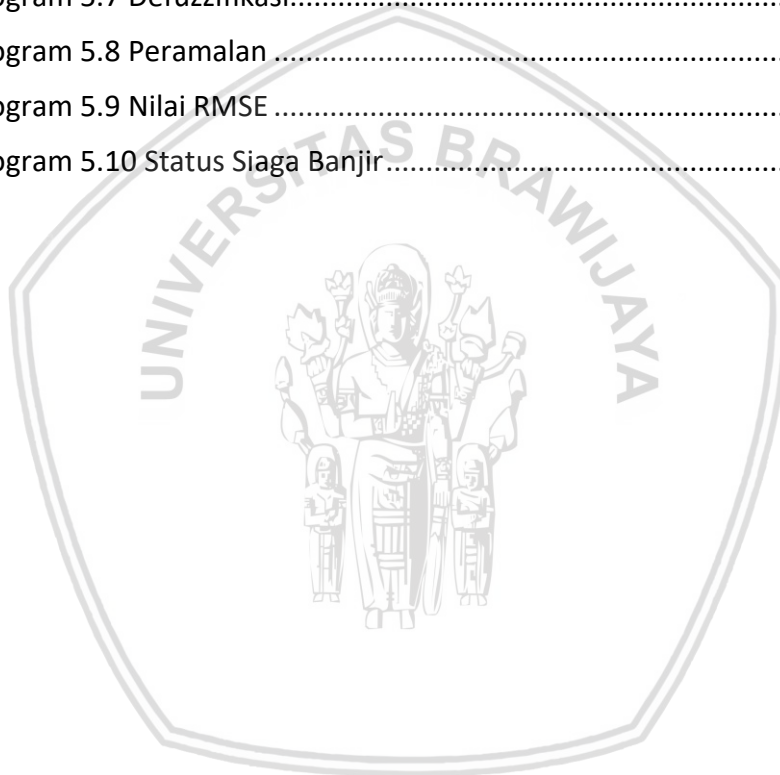
Tabel 2.1 Kajian Pustaka .....	6
Tabel 4.1 Data Status Siaga AWLR di <i>Station</i> Kambing.....	21
Tabel 4.2 Data Status Siaga ARR di <i>Station</i> Kambing.....	22
Tabel 4.3 Fuzzifikasi Data AWLR .....	32
Tabel 4.4 Matriks Himpunan <i>Fuzzy</i> Data AWLR.....	33
Tabel 4.5 <i>Fuzzy Logic Relationship</i> (FLR) Data AWLR.....	33
Tabel 4.6 <i>Fuzzy Logic Relationship Group</i> (FLRG) Data AWLR .....	34
Tabel 4.7 Defuzzifikasi Data AWRL.....	35
Tabel 4.8 Hasil Peramalan Data AWLR.....	35
Tabel 4.9 Nilai RMSE Data AWLR .....	36
Tabel 4.10 Fuzzifikasi Data ARR .....	38
Tabel 4.11 Matriks Himpunan <i>Fuzzy</i> Data ARR.....	39
Tabel 4.12 <i>Fuzzy Logic Relationship</i> (FLR) Data ARR.....	39
Tabel 4.13 <i>Fuzzy Logic Relationship Group</i> (FLRG) Data ARR .....	40
Tabel 4.14 Defuzzifikasi Data ARR.....	41
Tabel 4.15 Hasil Peramalan Data ARR.....	41
Tabel 4.16 Nilai RMSE Data ARR .....	42
Tabel 4.17 Pengujian dengan Panjang Interval.....	45
Tabel 6.1 Hasil Pengujian Jumlah Interval Data AWLR .....	57
Tabel 6.2 Hasil Pengujian Jumlah Interval Data ARR .....	59

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Peralatan Pemantau ARR .....	15
Gambar 2.2 Peralatan Pemantau AWLR .....	15
Gambar 3.1 Langkah-Langkah Penelitian.....	16
Gambar 3.2 Implementasi.....	20
Gambar 4.1 Flowchart Metode Fuzzy Time Series .....	24
Gambar 4.2 Flowchart Himpunan Semesta <b><i>U</i></b> .....	25
Gambar 4.3 Flowchart Jumlah Interval <b><i>I</i></b> AWLR.....	25
Gambar 4.4 Flowchart Fuzzifikasi .....	26
Gambar 4.5 Flowchart Fuzzy Logic Relationship (FLR).....	27
Gambar 4.6 Flowchart Fuzzy Logic Relationship Group (FLRG) .....	28
Gambar 4.7 Flowchart Defuzzifikasi.....	29
Gambar 4.8 Flowchart Peramalan AWLR.....	30
Gambar 4.9 Flowchart Nilai RMSE .....	31
Gambar 4.10 Perancangan Antarmuka Halaman Utama.....	43
Gambar 4.11 Perancangan Antarmuka Hasil Peramalan.....	44
Gambar 4.12 Perancangan Antarmuka Halaman Output.....	44

## KODE PROGRAM

Kode Program 5.1 Inisialisasi data ARR dan AWLR .....	48
Kode Program 5.2 Himpunan Semesta <i><b>U</b></i> .....	49
Kode Program 5.3 Jumlah Interval <i>Fuzzy</i> .....	50
Kode Program 5.4 Fuzzifikasi .....	50
Kode Program 5.5 <i>Fuzzy Logic Relationship</i> (FLR).....	51
Kode Program 5.6 <i>Fuzzy Logic Relationship Group</i> (FLRG) .....	51
Kode Program 5.7 Defuzzifikasi.....	52
Kode Program 5.8 Peramalan .....	53
Kode Program 5.9 Nilai RMSE .....	53
Kode Program 5.10 Status Siaga Banjir.....	54



## DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A DATA AKTUAL DAN HASIL PREDIKSI PERAMALAN DATA AWLR (DESEMBER 2016) .....	66
LAMPIRAN B DATA AKTUAL DAN HASIL PERAMALAN DATA ARR (FEBRUARI 2015) .....	82





## BAB 1 PENDAHULUAN

### 1.1 Latar belakang

Banjir merupakan keadaan dimana aliran air lebih tinggi dari keadaan normal muka air sehingga menggenangi daerah disekitarnya. Gelombang banjir mengalir dari hulu ke hilir dan berinteraksi dengan meningkatnya kapasitas air muara. Banjir bisa terjadi karena curah hujan yang tinggi, luapan dari sungai, faktor hancurnya retensi Daerah Aliran Sungai (DAS).

Daerah Aliran Sungai (DAS) merupakan suatu kawasan yang menampung, menyimpan, dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan sampai akhirnya bermuara di danau atau laut. Daerah Aliran Sungai (DAS) memiliki peran yang sangat penting bagi siklus Hidrologi. Kemampuannya menjaga dan menjadi tempat untuk mengalirkan air dari hulu ke hilir sebagai sumber kehidupan menjadi jaminan yang akan menyatukan komponen *biotik* dan *abiotik* dalam menjaga keseimbangan lingkungan. Adanya Daerah Aliran Sungai (DAS) yang terawat dapat meminimalisasi kerusakan alam, karena lingkungan yang terjaga. Banyaknya kebutuhan manusia dan kondisi alam yang tidak seimbang kadang menimbulkan berbagai bencana alam, salah satunya adalah banjir (Triatmodjo, 2009).

Daerah Aliran Sungai (DAS) yang berada di Jawa Timur salah satunya adalah Sungai Brantas. Sungai Brantas merupakan sungai yang bermuara di Desa Sumber Brantas, Kecamatan Bumiaji, Kota Batu. Berasal dari simpanan air Gunung Arjuno yang mengalir ke Malang, Blitar, Tulungagung, Kediri, Jombang dan Mojokerto. DAS pada kali Brantas seluas 11.800 km<sup>2</sup> atau  $\frac{1}{4}$  dari luas Provinsi Jatim. Panjang sungai utama 320 km<sup>2</sup> mengalir disekitar gunung Kelud. Curah hujan rata-rata mencapai 2.000 mm per-tahun dan dari jumlah tersebut sekitar 85% jatuh pada musim hujan. Potensi air permukaan pertahun rata-rata 12 miliar m<sup>3</sup>. Potensi yang dimanfaatkan sebesar 2,6-3,0 miliar m<sup>3</sup> per-tahun.

Sumberdaya air khususnya di DAS (Daerah Aliran Sungai) Kali Brantas dikelola oleh Perum Jasa Tirta I, yang merupakan intitusi pemerintah yang mempunyai tugas dan tanggung jawab di bidang pengelolaan sungai brantas. Upaya-upaya pengelolaan sumberdaya air di DAS Kali Brantas terus menerus dilakukan dengan cara merencanakan, melaksanakan, memantau, dan mengevaluasi penyelenggaraan konservasi sumber daya air, pendayagunaan sumber daya air, dan pengendalian daya rusak air. Institusi ini juga menyelenggarakan kemanfaatan umum atas sumber daya air yang bermutu dan memadai bagi pemenuhan kebutuhan hidup banyak orang yaitu untuk pelayanan sosial, kesejahteraan, serta keselamatan umum di DAS Kali Brantas. Pengendalian banjir merupakan salah satu pelayanan Perum Jasa Tirta I kepada masyarakat. Perannya dalam pengendalian banjir, khususnya di DAS Kali Brantas adalah dengan mengembangkan sistem pemantau air sungai.

Dalam penelitian ini akan dilakukan peramalan status siaga banjir pada studi kasus Perum Jasa Tirta I dengan menganalisa data curah hujan (*rainfall/ARR*) dan tinggi permukaan air (*waterlevel/AWLR*) dengan menggunakan metode *fuzzy time*

*series*. *Fuzzy time series* merupakan metode dengan mencatat data masa lalu lalu memproyeksikan ke masa depan. Proses *fuzzy time series* bersifat dinamik dari suatu variabel linguistik yang nilainya adalah himpunan *fuzzy*. Keunggulannya adalah melakukan definisi relasi *fuzzy* yang di bentuk dengan menentukan hubungan logika dari data training. Relasi *fuzzy* dibentuk dengan menentukan hubungan logika data latih. Relasi *fuzzy* melibatkan himpunan *fuzzy* yang dihasilkan dari himpunan universal (Chen, 1996).

Dalam penelitian sebelumnya, telah dilakukan peramalan suhu dengan menggunakan metode *fuzzy time series* dan *multivariate Markov Chain*. Objek yang digunakan adalah data suhu di Taipei, Taiwan. Kesalahan peramalan didapatkan dengan mencari nilai *Root Mean Squared Error* (RMSE). Hasil yang didapatkan dari penelitian ini yaitu menghasilkan afer terkecil dan akurasi tinggi dengan metode *fuzzy time series*. Peneliti juga mendapatkan akurasi lebih lanjut dengan menerapkan metode *multivariate markov chain* (Vamitha , et al., 2012).

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan, maka penulis akan mengajukan penelitian dengan judul **“Peramalan Siaga Banjir Berdasarkan Data Curah Hujan (ARR) Dan Tinggi Muka Air (AWLR) Menggunakan Metode Fuzzy Time Series (Studi Kasus: Perum Jasa Tirta I)”**. Hipotesisnya adalah peramalan status siaga banjir dengan menggunakan *fuzzy time series* dapat menghasilkan peramalan yang akurat berdasarkan nilai *error* RSME yang dihasilkan.

## 1.2 Rumusan masalah

Berdasar latar belakang diatas, maka rumusan masalahnya, yaitu:

1. Bagaimana mengimplementasikan metode *Fuzzy Time Series* dalam peramalan status banjir berdasarkan data curah hujan dan tinggi muka air?
2. Berapa tingkat akurasi metode *Fuzzy Time Series* dalam melakukan peramalan status siaga banjir berdasarkan data curah hujan dan tinggi muka air?

## 1.3 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui peramalan status siaga banjir berdasarkan data curah hujan dan tinggi muka air menggunakan metode *Fuzzy Time Series*.
2. Menerapkan metode *Fuzzy Time Series* dalam peramalan status banjir berdasarkan data curah hujan dan tinggi muka air.
3. Mengetahui tingkat akurasi dalam meramalkan status siaga banjir berdasarkan data curah hujan dan tinggi muka air.

## 1.4 Manfaat

Manfaat yang diharapkan untuk menunjang penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penulis mampu memahami penerapan metode *Fuzzy Time Series* dalam meramalkan status siaga banjir berdasarkan data curah hujan dan tinggi muka air.
2. Diharapkan penelitian ini bermanfaat bagi instansi terkait.
3. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi dokumentasi ilmiah yang bermanfaat untuk kegiatan akademik bagi penulis, pihak prodi, dan pihak fakultas.

## 1.5 Batasan masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data aktual yang didapatkan dari Perum Jasa Tirta I yaitu data tahunan beberapa stasiun ARR dan AWLR di Daerah Aliran Sungai (DAS) Kali Brantas.
2. Data yang diramal merupakan data harian curah hujan (ARR) dan tinggi muka air (AWLR) yang masing-masing terdapat status hijau berarti normal, kuning berarti siaga, dan merah tidak normal.
3. Metode yang digunakan dalam meramalkan siaga status banjir berdasarkan data curah hujan dan tinggi muka air adalah menggunakan metode *Fuzzy Time Series*.

## 1.6 Sistematika pembahasan

Dalam skripsi ini menggunakan sistematika sebagai berikut:

### **BAB 1      Pendahuluan**

Bab ini berisi latar belakang, rumusan masalah, tujuan, manfaat, batasan masalah, sistematika pembahasan.

### **BAB 2      Landasan Kepustakaan**

Bab ini berisi berbagai pustaka yang menunjang dalam penelitian ini. Teori berisi tentang peramalan siaga status banjir berdasarkan data curah hujan dan tinggi muka air menggunakan metode *Fuzzy Time Series*.

### **BAB 3      Metodologi**

Bab ini berisi metode yang digunakan dalam meramalkan siaga status banjir berdasarkan data curah hujan dan tinggi muka air.

### **BAB 4      Perancangan Sistem**

Bab ini berisi tentang perancangan penelitian mengenai peramalan siaga status banjir menggunakan metode *Fuzzy Time Series*.

### **BAB 5      Implementasi**

Bab ini berisi tentang implementasi metode *Fuzzy Time Series* untuk peramalan status siaga banjir. Meliputi implementasi *sourcecode*, dan antar muka sistem.

#### **BAB 6      Pengujian & Analisis Sistem**

Bab ini berisi tentang pengujian dan analisis sistem dengan menggunakan metode *Fuzzy Time Series* untuk melakukan peramalan status siaga banjir berdasarkan data curah hujan dan tinggi muka air.

#### **BAB 7      Penutup**

Bab ini berisi kesimpulan dari hasil penelitian beserta saran untuk pengembangan penelitian lebih baik lagi kedepannya.



## BAB 2 LANDASAN KEPUSTAKAAN

Bab ini membahas berbagai pustaka yang menunjang penelitian seperti konsep-konsep, dasar teori, dan membandingkan metode yang akan digunakan dengan metode yang sudah diteliti sebelumnya. Kemudian untuk dasar teori adalah penjelasan mengenai konsep dari peramalan, data *time series* (data berskala), metode *fuzzy*, dan *fuzzy time series* yang menunjang penelitian peramalan status siaga banjir berdasarkan data curah hujan (ARR) dan tinggi muka air (AWLR).

### 2.1 Kajian Pustaka

Kajian pustaka merupakan studi literatur yang menjelaskan mengenai penelitian terdahulu yang berhubungan dengan peramalan menggunakan metode *fuzzy time series*. Penulis mendapatkan referensi dari penelitian sebelumnya yang nantinya akan menjadi rujukan proses penelitian.

Penelitian pertama tentang peramalan dengan menggunakan model *Fuzzy Time Series* dan *steady-state probabilities Markov* yang mempertimbangkan status transfer, dan menghitung *steady-state* probabilitas. Objek yang digunakan adalah data pendaftaran dari Alabama (*one-factor*) dan data cuaca dari Alishan (*multi factor*). Peneliti berharap dapat membangun model peramalan baru dan meningkatkan hasil akurasi peramalan. Dalam penelitian ini peneliti menggunakan *Percentage Mean Absolute Deviation* (PMAD) dan *Root Mean Squared Error* (RMSE) untuk evaluasi dalam perhitungan *error* antara nilai aktual dan nilai peramalan. Kesimpulan dari penelitian ini adalah dengan menggunakan kedua metode tersebut maka tidak akan memiliki batas jumlah variabel, jumlah variabel dapat lebih dari satu, dan mempertimbangkan aturan frekuensi, jika aturan frekuensi tinggi, maka probabilitas *steady-state* akan tinggi juga (Kuo, et al., 2016).

Penelitian kedua tentang peramalan harga saham dengan menggunakan metode *state-of-the-art* yang menggabungkan *Fuzzy Time Series* (FTS) dan *Longest Common/Repeated Sub-sequence* (LCS/LRS). Metode ini didasarkan pada prinsip bahwa sejarah akan berulang, dalam penelitiannya menggunakan panjang interval yang berbeda dalam melakukan peramalan harga saham di masa depan. Objek yang digunakan adalah stok dari ETF berisi 50 saham Taiwan dari Juli 2014 - Maret 2015 dan harga perkiraan pada bulan November dan Desember di TAIEX 1990-2004. Dalam penelitian ini peneliti menggunakan *Root Mean Squared Error* (RSME) dan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) untuk evaluasi dalam perhitungan *error*. Hasilnya adalah menghasilkan nilai RMSE yang rendah, metode yang diusulkan mudah untuk diterapkan dan tidak memberikan hasil yang buruk (Chen, et al., 2016).

Penelitian ketiga tentang peramalan pendaftaran menggunakan metode *fuzzy time series* dan teknik *clustering*. Objek yang digunakan dalam penelitian ini adalah data pendaftaran Universitas Alabama dari tahun 1971-1992. Hasil yang didapatkan adalah dengan menggunakan metode yang diusulkan yaitu *fuzzy time*



*series* dan teknik *clustering* mendapatkan rata-rata yang lebih tinggi untuk tingkat akurasi. Faktanya adalah nilai Mean Square Error (MSE) yang dihasilkan kecil sehingga terdapat sedikit kesalahan peramalan (Tanuwijaya & Chen, 2009).

Penelitian keempat tentang peramalan curah hujan menggunakan metode *fuzzy time series*. Objek yang digunakan dalam penelitian ini adalah data *Monsoon Rainfall* 18 tahun terakhir dari wilayah Ambikapur. Penelitian ini menghasilkan nilai *Mean Square Error* (MSE) yang kecil sehingga tingkat akurasi yang didapatkan dalam peramalan curah hujan tinggi (Dani & Sharma, 2013).

Penelitian kelima tentang peramalan data produksi gula jangka panjang dengan menggunakan metode *fuzzy time series* dan *neural network*. Objek yang digunakan dalam penelitian ini adalah data historis produksi gula di India. Dalam menentukan nilai kesalahan peramalan peneliti menggunakan *Mean Square Error* (MSE). Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa metode *neural network* lebih akurat dibanding metode *fuzzy time series* (Kaushik & Singh, 2013).

Penelitian keenam tentang peramalan pendaftaran menggunakan metode *Fuzzy Time Series* dan *matriks transisi Markov Chain*. Objek yang digunakan adalah data pendaftaran di Universitas Alabama. Hasil dari penelitian menunjukkan nilai peramalan yang cukup dengan mentransfer data *fuzzy time series* untuk kelompok *fuzzy logic* dan menggunakan kelompok *fuzzy logic* yang diperoleh untuk mendapatkan matriks transisi *Markov chain*. Nilai error MAPE yang dihasilkan sangat kecil sehingga hasil peramalaannya cukup akurat (Tsaur, 2012).

Berikut ini merupakan tabel yang menjelaskan penelitian-penelitian sebelumnya yang terkait dengan penelitian tentang peramalan status siaga banjir. Penelitian tersebut ditunjukkan pada tabel 2.1.

**Tabel 2.1 Kajian Pustaka**

No	Judul	Objek	Metode	Hasil
1.	<i>A Steady-State Probabilities Model for Fuzzy Time Series Forecasting</i>	- Data pendaftaran dari Alabama ( <i>one-factor</i> ) dan data cuaca dari Alishan ( <i>multi factor</i> ).	Metode yang digunakan adalah <i>Fuzzy Time Series</i> dan <i>steady-state probabilities Markov</i>	- PMAD dan RSME - Tidak memiliki batas jumlah variabel
2.	<i>A Novel Method for Stock Forecasting Based on Fuzzy Time Series combined with Longest</i>	- Harga Saham. - Stok dari ETF berisi 50 saham Taiwan dari	Metode <i>state-of-the-art</i> yang menggabungkan <i>Fuzzy Time Series</i> (FTS) dan <i>Longest Common/Repeated</i>	- RMSE dan MAPE - Pasar saham Taiwan, ETF dan TAIEX



	<i>Common/Repeat Sub-sequence</i>	<p>Juli 2014 - Maret 2015.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Harga perkiraan pada bulan November dan Desember di TAIEX 1990-2004.</li> </ul>	<i>Sub-sequence (LCS/LRS)</i>	<p>memiliki batas 7%</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Nilai RMSE yang rendah</li> </ul>
3.	<i>A New Method to Forecasting Enrollments Using Fuzzy Time Series and Clustering Techniques</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Data pendaftaran Universitas Alabama dari tahun 1971-1992.</li> </ul>	<i>Fuzzy Time Series (first order&amp;high order) dan teknik clustering</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- MSE</li> <li>- Akurasi yang di dapatkan tinggi</li> </ul>
4.	<i>Forecasting Rainfall of a Region by Using Fuzzy Time Series</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Data Monsoon Rainfall 18 tahun terakhir dari wilayah Ambikapur.</li> </ul>	<i>Fuzzy Time Series</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- MSE</li> <li>- Nilai MSE kecil sehingga tingkat akurasi lebih tinggi</li> </ul>
5.	<i>Long Term Forecasting with Fuzzy Time Series and Neural Network a comparative study using Sugar production data</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Data historis produksi gula di India</li> </ul>	<i>Fuzzy Time Series dan Neural Network</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- MSE</li> <li>- Metode <i>neural network</i> lebih akurat dibanding <i>fuzzy time series</i></li> </ul>
6.	<i>A Fuzzy Time Series-Markov Chain Model with an Application to Forecas the Exchange Rate Between The</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Data pendaftaran di Universitas Alabama</li> </ul>	<i>Fuzzy Time Series untuk fuzzy logic group dan fuzzy logic group untuk matriks transisi Markov Chain</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- MAPE sangat kecil</li> <li>- Hasil peramalan akurat</li> </ul>

	<i>Taiwan and US Dollar</i>			
--	-----------------------------	--	--	--

**Sumber:** (Kuo, et al., 2016), (Chen, et al., 2016), (Tanuwijaya & Chen, 2009), (Dani & Sharma , 2013), (Kaushik & Singh, 2013) dan (Tsaur, 2012)

## 2.2 Peramalan

Peramalan merupakan suatu kegiatan dengan memprediksi masa depan dengan mempertimbangkan data di masa lalu. Peramalan berkaitan dengan pengambilan keputusan yang terbaik, yang sekiranya akan terjadi dimasa mendatang. Proses pengambilan keputusan harus dilakukan dengan perhitungan yang matang yang akan menjadikan hasil dari peramalan.

Jenis peramalan dibagi tiga kategori, yaitu berdasarkan jangka waktu, ruang lingkup, dan metode yang digunakan. Berdasarkan jangka waktu, peramalan dibagi menjadi dua yaitu peramalan jangka pendek dan jangka panjang. Peramalan jangka pendek dilakukan oleh tingkat jabatan menengah kebawah bersifat operasional, sedangkan peramalan jangka panjang dilakukan oleh pimpinan puncak perusahaan dan sebagai acuan peramalan jangka pendek (Assauri, 1984).

Berdasarkan ruang lingkup, peramalan dibagi menjadi dua yaitu peramalan mikro dan makro. Salah satu contoh peramalan mikro adalah perusahaan menentukan peramalan produksi untuk sepuluh tahun kedepan, sedangkan peramalan makro misal suatu negara meramalkan perkembangan ekonomi sepuluh tahun kedepan (Assauri, 1984).

Berdasarkan metode yang digunakan, peramalan dibagi menjadi dua yaitu metode kualitatif dan kuantitatif. Metode kualitatif biasanya didasarkan pada penilaian orang yang melakukan peramalan karena tidak tersedianya data historis. Peramalan kuantitatif adalah peramalan yang didasarkan pada pemanipulasian data historis yang ada (Assauri, 1984). Peramalan kuantitatif dapat diterapkan apabila terdapat tiga kondisi berikut (Makridakis, 1999):

1. Tersedia informasi di masa lalu.
2. Informasi tersebut dapat dikuantitatifkan dalam bentuk data numerik.
3. Dapat diasumsikan bahwa beberapa aspek pola masa lalu aka terus berlanjut di masa depan.

Peramalan kuantitatif juga mempunyai dua jenis model peramalan yang utama yaitu model data berskala (data *time series*) dan model regresi (kausal). Tujuan dari peramalan data *time series* yaitu untuk menemukan pola dalam deret data historis dan mengembangkan pola tersebut ke masa depan. Dalam memilih suatu metode data *time series* langkah tetap yang harus dilakukan adalah dengan mempertimbangkan jenis pola data sehingga metode yang paling tepat dengan pola tesebut dapat diuji(Makridakis, 1999).

### 2.2.1 Data *Time Series* (Data Berskala)

Data *time series* merupakan sekumpulan data dari waktu ke waktu yang berguna untuk mengetahui perkembangan suatu kegiatan. Dalam menganalisis *time series* memungkinkan kita untuk mengetahui perkembangan suatu atau beberapa kejadian serta mengetahui pengaruh terhadap kejadian lainnya (Supranto, 1993). *Time series* atau runtun waktu adalah himpunan observasi data terurut dalam waktu. Metode *time series* adalah metode peramalan dengan menggunakan analisa pola hubungan antara variabel yang akan diperkirakan dengan variabel waktu. Peramalan suatu data *time series* perlu memperhatikan tipe atau pola data yang sudah ada sebelumnya (Hanke & Wickers, 2005).

Terdapat empat faktor yang mempengaruhi data *time series*, faktor tersebut adalah (Nugroho, 2016):

1. Faktor Trend merupakan faktor dengan keadaan data yang mengalami kenaikan atau penurunan dari waktu ke waktu, contohnya seperti pendapatan per kapita dan pendataan jumlah penduduk.
2. Faktor siklis merupakan faktor dengan keadaan data dipengaruhi oleh fluktuasi ekonomi jangka panjang seperti siklus bisnis.
3. Faktor musiman merupakan faktor dengan keadaan data yang dipengaruhi oleh faktor musiman (misalnya kuartal tahun tertentu, bulanan, atau hari-hari pada minggu tertentu).
4. Faktor tidak teratur atau acak (*irregular or random*) merupakan faktor yang terjadi tidak terprediksi seperti banjir, pemogokan, pemilihan umum, dan sebagainya. Dalam beberapa hal menyebabkan siklus berubah variasi (Spiegel & Stephens, 2007).

### 2.3 Langkah-Langkah Peramalan

Dalam melakukan peramalan terdapat empat langkah-langkah yang perlu diperhatikan dalam melakukan (Sugiarto & Harijono, 2000):

1. Mengumpulkan data

Langkah pertama yang sangat penting dalam peramalan yaitu mengumpulkan data, data yang dikumpulkan harus tepat dan akurat untuk menunjang hasil peramalan yang baik.

2. Menyeleksi dan memilih data

Langkah kedua adalah melakukan seleksi data yang sudah didapatkan. Data-data yang kurang relevan harus dibuang supaya tidak mempengaruhi akurasi peramalan.

3. Memilih model peramalan

Model peramalan tersedia cukup banyak, oleh karena itu dicari yang paling sesuai dengan permasalahan yang ingin dipecahkan. Semakin mendekati benar maka model peramalan dapat dikatakan semakin baik.

#### 4. Menggunakan metode terpilih untuk peramalan

Metode peramalan yang dipilih harus dilakukan sesuai teorinya. Hasil metode peramalan dibandingkan dengan data aktual untuk mengetahui akurasi dari metode yang digunakan.

### 2.4 Metode Fuzzy

Logika *fuzzy* merupakan metode yang digunakan untuk mengatasi hal yang tidak pasti atau dapat dikatakan untuk melakukan perkiraan hasil terbaik. Pada dasarnya logika *fuzzy* adalah logika yang bernilai banyak yang mampu mendefinisikan nilai diantara keadaan konvensional seperti benar atau salah, ya atau tidak, dan lain-lain. Penalaran logika *fuzzy* menyediakan cara untuk memahami suatu sistem dari hasil penelitian. Sesuatu yang samar dan belum pasti dapat diteliti menggunakan logika *fuzzy*. Beberapa alasan digunakannya logika *fuzzy* diantaranya (Kusumadewi & Purnomo, 2010):

1. Konsep logika *fuzzy* mudah dimengerti karena menggunakan dasar teori himpunan, sehingga konsep matematis mudah dipahami.
2. Logika *fuzzy* sangat fleksibel yaitu mampu melakukan adaptasi dengan sesuatu yang tidak pasti.
3. Logika *fuzzy* memiliki toleransi terhadap data yang cukup homogen serta dapat menangani data yang eksklusif.
4. Logika *fuzzy* dapat mengaplikasikan pengalaman para pakar tanpa proses yang rumit. Dalam hal ini sering dikenal dengan *fuzzy expert system*.
5. Logika *fuzzy* dapat bekerjasama dengan teknik-teknik kendali secara konvensional. Hal ini pada umumnya terjadi pada aplikasi di bidang teknik mesin dan teknik elektro.
6. Logika *fuzzy* menggunakan bahasa yang mudah dimengerti.

### 2.5 Fuzzy Time Series

*Fuzzy time series* merupakan metode dengan menganalisa data masa lalu kemudian digunakan untuk memproyeksikan data masa depan. *Fuzzy time series* bersifat fleksibel mengikuti variabel yang diteliti yang nilainya adalah himpunan *fuzzy*. Keunggulannya adalah melakukan definisi relasi *fuzzy* yang di bentuk dengan menentukan hubungan logika dari data training. Song dan Chissom mengembangkan teori *fuzzy team series* pada tahun 1993 dan dikenal sebagai *fuzzy time series* klasik yang pemodelannya menggunakan persamaan relasi *fuzzy*. Relasi *fuzzy* dibentuk dengan menentukan hubungan logika data training. Relasi *fuzzy* melibatkan himpunan *fuzzy* yang dihasilkan dari himpunan universal (Chen, 1996).

Konsep dasar *fuzzy time series* yaitu dimana nilai *fuzzy time series* direpresentasikan dengan himpunan *fuzzy* (zadeh, 1965). Didefinisikan  $U$  adalah

semesta pembicaraan dimana  $U = \{u_1, u_2, u_3\}$ . Sebuah himpunan *fuzzy* dalam semesta pembicaraan  $U$  dapat direpresentasikan sebagai berikut:

$$A = \frac{f_A(u_1)}{u_1} + \frac{f_A(u_2)}{u_2} + \dots + \frac{f_A(u_n)}{u_n} \quad (2.1)$$

Dengan  $f_A$  adalah fungsi keanggotaan dari himpunan *fuzzy*  $A$ ,  $f_A : \rightarrow [0, 1]$ ,  $f_A(u_1)$  merupakan tingkat keanggotaan dari  $u_1$  dalam himpunan *fuzzy*  $A$ , dan  $1 \leq i \leq n$ .

Brikut ini adalah definisi-definisi mengenai *fuzzy time series* (Chen & Hsu, 2004):

**Definisi 1.** Misalkan  $X(t)$ ,  $(t = \dots, 0, 1, 2, \dots)$  semesta pembicaraan dan bagian dari  $R$ , dengan himpunan *fuzzy*  $f_i(t)$ ,  $(i = 1, 2, \dots)$  terdefinisi pada  $X(t)$ . Andaikan  $F(t)$  berupa kumpulan  $f_i(t)$ ,  $(i = 1, 2, \dots)$ , maka  $F(t)$  disebut *fuzzy time series* dari  $X(t)$ ,  $(t = \dots, 0, 1, 2, \dots)$ .

**Definisi 2.** Jika  $F(t)$  hanya disebabkan oleh  $F(t-1)$ , hubungan antara  $F(t)$  dengan  $F(t-1)$  dapat dinyatakan sebagai  $F(t-1) \rightarrow F(t)$ .

**Definisi 3.** Andaikan  $F(t) = A_i$  dan  $F(t-1) = A_j$ . Hubungan  $F(t)$  dan  $F(t-1)$  disebut sebagai *Fuzzy Logical Relationship* (FLR). Dapat juga dinyatakan dengan  $A_i \rightarrow A_j$ , dimana  $A_i$  disebut dengan *Left-Hand Side* (LHS) dan  $A_j$  disebut *Right-Hand Side* (RHS) dari FLR. Mengingat dua FLR's mempunyai himpunan sama pada LHS  $A_i \rightarrow A_{j1}$ ,  $A_i \rightarrow A_{j2}$ . Maka kedua FLR dapat dikelompokkan ke dalam *Fuzzy Logical Relationship Group* (FLRG).

Umumnya untuk langkah-langkah model *fuzzy time series* mencakup: (1) menentukan semesta pembicaraan, dimana himpunan *fuzzy* akan didefinisikan (2) menentukan jumlah interval (3) mendefinisikan himpunan himpunan *Fuzzy*  $A_i$  (4) fuzzifikasi data historis (5) menentukan FLR (6) mengelompokkan FLR (7) defuzzifikasi data historis (8) menghitung nilai peramalannya.

Berikut ini adalah langkah-langkah metode *fuzzy time series*:

Langkah 1 : Mengumpulkan data historis ( $Y_t$ ).

Langkah 2 : Mendefinisikan himpunan semesta  $U$  dari data.

$$U = [D_{min} - D_1, D_2 + D_{max}] \quad (2.2)$$

$D_{min}$  adalah nilai minimum dari data historis.

$D_{max}$  adalah nilai maksimum dari data historis.

$D_1$  dan  $D_2$  adalah bilangan positif yang tepat.

Langkah 3 : Menentukan jumlah interval sesuai dengan keinginan user, serta menyesuaikan dengan jumlah data historis yang digunakan.

Langkah 4 : Mendefinisikan himpunan *Fuzzy*  $A_i$  berdasarkan himpunan semesta  $U$ .

Langkah 5 : Melakukan proses fuzzifikasi.



Mengubah data aktual menjadi bilangan *fuzzy* yang identik dengan derajat keanggotaan. Jika  $F(t)$  berada pada *fuzzy set*  $A_i$  maka  $F(t)$  difuzzifikasikan sebagai  $A_i$ .

Langkah 6 : Menentukan *Fuzzy Logical Relationship* (FLR).

FLR didapatkan dengan melihat hasil dari fuzzifikasi data AWLR. Apabila  $F(t-1)$  difuzzifikasikan sebagai  $A_{i-1}$  dan  $F(t)$  difuzzifikasikan sebagai  $A_i$ , sehingga  $A_{i-1}$  mempunyai relasi dengan  $A_i$ .

Langkah 7 : Menentukan *Fuzzy Logical Relationship Group* (FLRG).

Mengelompokkan hasil dari FLR yang telah dibentuk.

Langkah 8 : Melakukan proses defuzzifikasi.

Mencari rata-rata nilai tengah (*midpoint*) dari setiap himpunan *fuzzy*  $A_i$  yang terdapat dalam FLRG, pada masing-masing interval  $A_i$ .

Langkah 9 : Menghitung hasil peramalan  $F(t)$  dengan memperhatikan aturan-aturan sebagai berikut:

**Aturan 1:** jika *Fuzzy Logical Relationship* (FLR)  $A_i$  tidak ditemukan ( $A_i \rightarrow \#$ ) maka nilai peramalan  $F(t)$ .

**Aturan 2:** jika *Fuzzy Logical Relationship* (FLR)  $A_i$  adalah relasi *one to one* (misalnya  $A_i \rightarrow A_j$ ) maka nilai peramalan  $F(t)$  adalah  $m_j$  nilai tengah dari  $u_k$ .

**Aturan 3:** jika *fuzzy logical relationship*  $A_i$  adalah relasi *one to many* (misalnya  $A_i \rightarrow A_1, A_2, \dots, A_n$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$ ), dimana data yang diambil  $Y_{t-1}$  pada waktu  $(t-1)$  pada *state*  $A_j$ , maka peramalan  $F(t)$  adalah  $m_1, m_2, \dots, m_n$  yang merupakan nilai tengah dari  $u_1, u_2, \dots, u_n$ . Rumus peramalannya adalah sebagai berikut:

$$F(t) = \frac{\sum_{i=1}^n m_j}{n} \quad (2.3)$$

$m_j$  adalah nilai tengah dari  $u_k$ .

$j = 1, 2, \dots, n$ .

$n$  adalah jumlah himpunan *fuzzy* yang berelasi dengan  $A_i$ .

Langkah 10 : Menghitung nilai RMSE, untuk mengetahui tingkat akurasi.

## 2.6 Ukuran Ketetapan Peramalan

Dalam semua kondisi peramalan terdapat ketidakpastian, salah satunya yaitu unsur kesalahan (*error*) yang ada dalam perumusan sebuah peramalan *time series*. Proses kesalahan pada proses peramalan bukan hanya disebabkan oleh kesalahan (*error*) namun bisa terjadi juga akibat kurang baiknya suatu metode peramalan dalam menganalisa data yang tidak terdeteksi yang bersifat tidak



terduga, sehingga mendapatkan hasil yang tidak akurat (Bowerman & O'Connell, 1993).

Pada penelitian akan dihitung kesalahan peramalan dengan menggunakan nilai *Root Mean Square Error* (RSME). Untuk perhitungannya mula-mula dicari nilai selisih antara nilai aktual dan ramalan, kemudian kuadratkan nilai-nilai tersebut. Nilai RSME dapat dijabarkan melalui persamaan berikut:

$$RSME = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - y_i)^2}{n}} \quad (2.4)$$

Dengan keterangan:

$n$  = banyaknya data

$\hat{y}_i$  = Nilai hasil ramalan

$y_i$  = Nilai aktual

## 2.7 Banjir

Banjir merupakan keadaan dimana aliran sungai mengalami penumpukan debit air sehingga palung sungai tidak dapat menampung air. Banjir juga dapat diartikan sebagai naiknya tinggi muka air sungai/waduk yang melebihi keadaan normal (Hasibuan, 2004). Curah hujan sangat mempengaruhi terjadinya banjir. Terjadinya luapan sungai sangat ditentukan pula oleh pola hidup manusia yang ada disekitar sungai tersebut, misalnya membuang sampah di sungai atau mempersempit daerah sungai dengan menjadikan pemukiman. Oleh karena hal ini manusia ikut mempengaruhi terjadinya banjir (Ratmaniar, et al., 2013).

Banjir adalah suatu kondisi di mana tidak tertampungnya air dalam saluran pembuang (palung sungai) atau terhambatnya aliran air di dalam saluran pembuang, sehingga meluap menggenangi daerah (dataran banjir) sekitarnya (Suripin, 2003). Banjir menurut Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah adalah aliran yang relatif tinggi dan tidak tertampung lagi oleh alur sungai atau saluran.

## 2.8 Jenis Banjir

Jenis banjir dibedakan menjadi dua yaitu berdasarkan lokasi sumber aliran permukaan dan berdasarkan mekanisme terjadinya banjir:

1. Berdasarkan lokasi sumber aliran permukaan, terdiri dari:
  - a. Banjir kiriman (banjir bandang) yaitu banjir yang disebabkan oleh tingginya curah hujan didaerah hulu sungai.
  - b. Banjir lokal yaitu banjir yang terjadi karena volume hujan setempat yang melebihi kapasitas pembuangan disuatu wilayah.
2. Berdasarkan mekanisme terjadinya banjir yaitu:

- a. *Regular flood* yaitu banjir yang diakibatkan oleh hujan.
- b. *Irregular flood* yaitu banjir yang diakibatkan oleh selain hujan, seperti tsunami, gelombang pasang, dan hancurnya bendungan.

## 2.9 Penyebab Banjir

Terdapat beberapa penyebab terjadinya banjir, diantaranya sebagai berikut (IDEP, 2007):

1. Hujan, dimana dalam jangka waktu yang panjang atau besarnya hujan selama sehari-hari.
2. Erosi tanah, dimana menyisakan batuan yang menyebabkan air hujan mengalir deras diatas permukaan tanah tanpa terjadi resapan.
3. Buruknya penanganan sampah yang menyebabkan tersumbatnya salwuran-saluran air sehingga air meluap dan terjadilah banjir.
4. Pembangunan tempat pemukiman dimana tanah kosong diubah menjadi jalan atau tempat parkir yang menyebabkan hilangnya daya serap hujan.
5. Bendungan dan saluran air yang rusak akan menyebabkan air tidak mampu dibendung sehingga meluap kesekitar.
6. Keadaan tanah dan tanaman, apabila tanaman rusak maka potensi banjir akan meningkat.
7. Di daerah bebatuan dimana daya serap air sangat kurang.

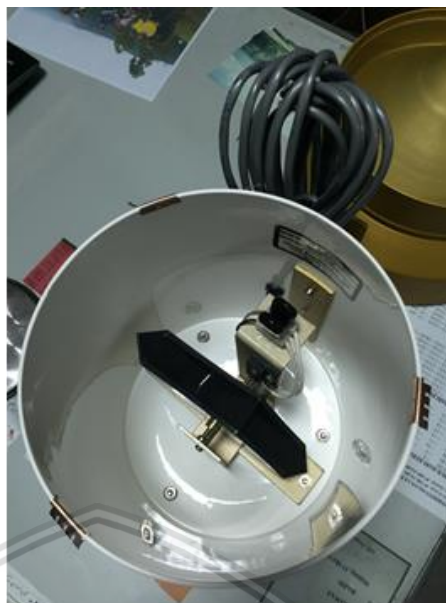
## 2.10 Curah Hujan (ARR) & Tinggi Muka Air (AWLR)

ARR (*rainfall*) merupakan media untuk memantau tingginya curah hujan sedangkan AWLR (*water level*) merupakan media untuk memantau debit dan tinggi muka air dengan sistem telemetri berbasis radio frekuensi atau yang selama ini dikenal dengan FFWS (*Flood Forcaseting and Warning System*) buatan JRC Jepang. Peralatan tersebut mulai dioperasikan di wilayah Perum Jasa Tirta I, khususnya di DAS (Daerah Aliran Sungai) kali Brantas, total peralatan ARR dan AWLR yang terpasang yaitu 26 ARR, 12 AWLR di bendungan, dan 10 AWLR di sungai. Tujuan dipasangnya sistem telemetri tersebut untuk mengetahui gejala banjir sejak dini (Setyawan, 2012).

Pemasangan alat ARR dan AWLR dianggap belum begitu maksimal, dikarenakan di beberapa daerah aliran sungai masih sering terjadi banjir yang tidak terprediksi oleh alat, Sehingga pada tahun 2001 dilakukan penambahan peralatan pemantau kondisi hidrologi (*extention FFWS – Logotronic*) buatan Jerman pada beberapa lokasi yaitu sebanyak 7 lokasi ARR dan 7 lokasi AWLR sungai.



(a)



(b)

**Gambar 2.1 Peralatan Pemantau ARR**



(a)



(b)

**Gambar 2.2 Peralatan Pemantau AWLR**

## BAB 3 METODOLOGI

Metodologi penelitian merupakan alur yang digunakan didalam penelitian untuk mendapatkan hasil terbaik, dalam skripsi ini menggunakan metodologi:

1. Melakukan studi literature mengenai *Fuzzy Time Series*.
2. Mengumpulkan data-data yang diperlukan dan menganalisis untuk peramalan status siaga banjir yaitu beberapa data stasiun ARR dan AWLR di Daerah Aliran Sungai (DAS) kali Brantas dari Perum Jasa Tirta I.
3. Melakukan pengolahan data-data yang telah didapatkan.
4. Mengimplementasikan perancangan yang dilakukan pada tahap sebelumnya menjadi sebuah sistem untuk peramalan status siaga banjir.
5. Pengujian terhadap perangkat lunak menggunakan data ARR dan AWLR.
6. Melakukan evaluasi dari hasil yang didapatkan, serta memberikan kesimpulan dan saran untuk penelitian.

Langkah-langkah penelitian dapat digambarkan pada gambar 3.1.



**Gambar 3.1 Langkah-Langkah Penelitian**

### 3.2 Studi Literatur

Studi literatur merupakan salah satu langkah untuk mengumpulkan informasi terkait metode yang akan dilakukan didalam penelitian. Teori-teori mengenai peramalan siaga banjir, *time series*, dan *Fuzzy Time Series* sebagai dasar penelitian dari buku, artikel dan jurnal resmi dapat dipelajari berdasar studi literatur. Berikut ini adalah teori-teori dari pokok permasalahan:

1. Peramalan, jenis-jenis peramalan
2. Data *time series* (data berskala)
3. Regresi (kausal)
4. Langkah-langkah peramalan
5. Metode *Fuzzy*
6. *Fuzzy time series*
7. Ukuran ketetapan peramalan
8. Curah hujan (ARR) dan tinggi muka air (AWLR)

Studi literatur dapat digunakan sebagai acuan untuk mendapatkan teori dan metode yang benar dalam pendekatan pelaksanaan penulisan skripsi.

### 3.3 Analisis Kebutuhan

Analisis kebutuhan merupakan proses menentukan kebutuhan apa saja yang akan digunakan dalam penelitian. Analisis kebutuhan berdasar sistem perhitungan metode peramalan *fuzzy time series* secara manual dan menggunakan sistem yang akan diimplementasikan. Adapun analisis kebutuhan perangkat keras dan perangkat lunak yang diperlukan untuk melaksanakan penelitian ini.

#### 3.3.1 Perangkat Keras yang Digunakan

Perangkat keras yang dibutuhkan dalam penelitian ini yaitu laptop dengan spesifikasi:

1. *Processor* Intel® Core™ i5-7300HQ CPU @ 2.50GHz 2.50GHz
2. *Memory* 8,00 GB
3. *Harddisk* berkapasitas 1TB
4. SSD 256GB
5. Mouse

#### 3.3.2 Perangkat Lunak yang Digunakan

Perangkat lunak yang dipakai dalam pembuatan sistem ini adalah:

1. Sistem Operasi Windows 10
2. Developing program Netbeans IDE 8.2



### 3. Browser Google Chrome

## 3.4 Pengumpulan Data

Pada tahap pengumpulan data yang dibutuhkan dalam penelitian ini pertama yaitu studi referensi, dimana hal tersebut bertujuan untuk menyelesaikan permasalahan yang akan diteliti dan mendapatkan dasar-dasar yang kuat dalam menerapkan suatu metode yang nantinya akan digunakan dalam penelitian. Langkah selanjutnya yaitu mengumpulkan data dimana pada tahap ini peneliti dalam penelitiannya melakukan pengumpulan data tahunan beberapa stasiun ARR dan AWLR di Daerah Aliran Sungai (DAS) Kali Brantas yang terdapat tiga status siaga yaitu hijau, kuning, dan merah. Data diambil dari Perum Jasa Tirta I guna untuk mengetahui ramalan kedepannya dengan menggunakan metode *Fuzzy Time Series*. Data yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Data curah hujan (ARR) di beberapa *station* yang mempunyai atribut seperti id, nama *station*, tanggal, kumulatif, dan status siaga. *Station* yang digunakan yaitu Kambing, sedangkan data yang digunakan yaitu pada bulan Februari 2015 dengan waktu di tiap jamnya. Atribut yang digunakan untuk mendapatkan hasil peramalan yaitu atribut kumulatif, dimana kumulatif berarti data per enam jam. Misal jam satu sampai jam enam, maka data dari jam satu sampai jam enam dijumlahkan. Jika tidak ada hujan maka nilai kumulatif akan di *reset* kembali ke nilai nol (0). Terdapat beberapa aturan penentuan status, untuk status normal yaitu ketika nilai kumulatif kurang dari 100 mm, sedangkan status siaga yaitu ketika nilai kumulatif lebih dari atau sama dengan 100 mm.
2. Data tinggi muka air (AWLR) di beberapa *station* yang mempunyai atribut seperti id, nama *station*, tanggal, TMA, dan status siaga. *Station* yang digunakan yaitu *station* Kambing, sedangkan data yang digunakan yaitu pada bulan Desember 2016 dengan waktu di tiap jamnya. Atribut yang digunakan untuk mendapatkan hasil peramalan yaitu atribut TMA, dimana TMA merupakan singkatan dari Tinggi Muka Air. Terdapat beberapa aturan dalam penentuan status siaga, siaga hijau apabila nilai TMA lebih dari atau sama dengan 10.00 m, siaga kuning apabila nilai TMA lebih dari atau sama dengan 10.50 m, sedangkan siaga merah apabila nilai TMA lebih dari atau sama dengan 11.00 m.

## 3.5 Pengolahan Data

Tahapan-tahapan dalam melakukan pengolahan data dengan menggunakan metode *Fuzzy Time Series* antara lain:

1. Pengumpulan data historis yang telah dikelompokkan.
2. Mengurutkan nilai-nilai dari data set berdasarkan bulan.
3. Mendefinisikan himpunan semesta  $U$ .
4. Menentukan jumlah interval  $I$ .



5. Mendefinisikan himpunan himpunan *Fuzzy*  $A_i$ .
6. Melakukan proses fuzzifikasi data historis.
7. Menentukan *Fuzzy Logical Relationship* (FLR).
8. Menentukan *Fuzzy Logical Relationship Group* (FLRG).
9. Menghitung hasil ramalan.
10. Menghitung nilai RMSE, untuk mengetahui tingkat akurasi.
11. Pembuatan kurva hasil peramalan, dengan melihat grafik antara data dengan nilai peramalannya.
12. Hasil dan kesimpulan berdasarkan analisis *fuzzy time series*.

### 3.6 Perancangan Sistem

Perancangan sistem merupakan tahap yang dilalui untuk mengetahui status siaga banjir berdasarkan data curah hujan dan tinggi muka air dengan menggunakan metode *Fuzzy Time Series*. Tahapan perancangan untuk peramalan status siaga banjir merupakan tahapan dalam membuat sistem dengan menggunakan Bahasa pemrograman Java sebagai implementasi cara kerja metode *Fuzzy Time Series*.

Berikut merupakan tahapan perancangan pada sistem ini:

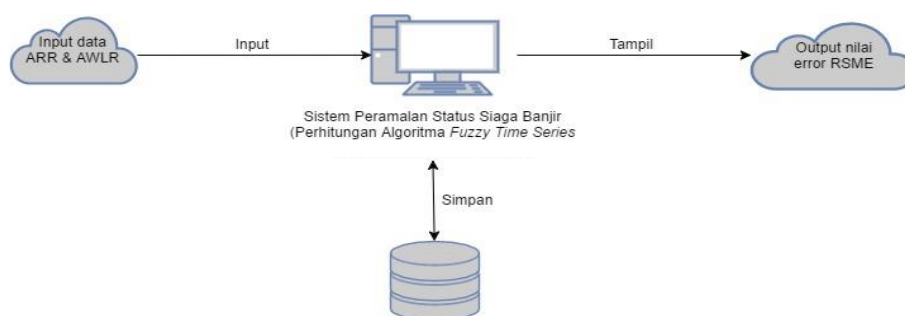
1. Membuat perancangan manualisasi dengan menggunakan data ARR (curah hujan) dan AWLR (tinggi muka air) serta metode *Fuzzy Time Series*.
2. Membuat perancangan antarmuka atau *user interface* dan struktur menu utama sistem.
3. Grafik peramalan setiap tahun.

### 3.7 Implementasi

Implementasi merupakan proses mewujudkan sesuatu yang menjadi tujuan penelitian. Pada tahap ini penelitian yang telah dirancang akan diwujudkan dalam perangkat lunak, sehingga membutuhkan perangkat lunak pendukung. Perangkat pendukung yang akan digunakan dalam pembuatan sistem ini adalah Netbeans IDE 8.2 dengan menggunakan bahasa *Java*.

Langkah-langkah untuk melakukan implementasi antara lain:

1. Membuat *user interface* yang digunakan untuk antarmuka dengan user.
2. Menginputkan data penelitian yang telah diolah ke dalam *database*.
3. Menerapkan proses algoritma *Fuzzy Time Series* ke dalam Bahasa pemrograman *java*.
4. Menampilkan output berupa hasil peramalan status siaga banjir dan nilai *error* RSME.



**Gambar 3.2 Implementasi**

### 3.8 Pengujian Sistem dan Analisis Hasil

Pengujian sistem dilakukan dengan menjalankan sistem yang telah dirancang. Berfungsi untuk mengetahui apakah berjalan sesuai tujuan atau tidak. Pengujian dilakukan sesuai dengan perhitungan dari metode *Fuzzy Time Series*, serta menguji apakah metode yang digunakan telah memberikan hasil yang sesuai. Pengujian sistem ini dilakukan menggunakan *black box*, pengujian sistem peramalan status siaga banjir berdasarkan data curah hujan dan tinggi muka air dengan menggunakan metode *Fuzzy Time Series* ini berfokus pada serangkaian kondisi input yang seluruhnya menggunakan persyaratan fungsional dalam suatu program yang didapatkan melalui perangkat lunak. Pengujian dengan manual dan menggunakan sistem dibandingkan untuk mengetahui hasil akhirnya, apabila akurat maka akan mendapatkan hasil yang sama. Hal ini sangat berpengaruh untuk mengetahui keakuratan sistem yang telah dirancang.

Analisis hasil merupakan studi dari hasil penelitian yang dilakukan. Dalam tahap ini dilakukan uji coba dengan data-data curah hujan (ARR) dan tinggi muka air (AWLR) yang telah diinputkan. Analisis dilakukan untuk mengetahui keakuratan hasil dari perhitungan menggunakan metode *Fuzzy Time Series*.

### 3.9 Kesimpulan

Kesimpulan merupakan tahap dimana suatu penelitian dapat dikatakan berhasil maupun gagal. Dalam penelitian ini kesimpulan diambil dari implementasi yang telah dilakukan apakah berjalan dengan baik, serta memberikan alasan untuk perkembangan kedepan dalam menyempurnakan sebuah penelitian.

## BAB 4 PERANCANGAN SISTEM

### 4.1 Formulasi Permasalahan

Perancangan model *fuzzy time series* akan dijelaskan pada bab perancangan yang mencakup perancangan algoritma, penyelesaian masalah berupa manualisasi data aktual, perancangan antarmuka, dan perancangan pengujian. Langkah-langkah dalam perancangan metode *fuzzy time series* antara lain sebagai berikut:

1. Membuat *flowchart* algoritma *fuzzy time series* sehingga jelas alur penyelesaian masalah saat akan diimplementasikan.
2. Membuat langkah-langkah dalam penyelesaian masalah dengan melakukan perhitungan manualisasi algoritma *fuzzy time series* dengan menggunakan *Microsoft excel*, sehingga penulis lebih mudah dalam melakukan implementasi.
3. Membuat perancangan antarmuka untuk merancang desain antarmuka pengguna yang baik dan benar, sehingga akan memudahkan penulis dan pengguna dalam menggunakan sistem peramalan status siaga banjir.
4. Membuat perancangan pengujian untuk melakukan pengujian terhadap performa sistem apakah sudah berjalan sesuai yang diinginkan atau belum.

Setelah dilakukan perancangan sistem, maka metode siap diimplementasikan. Peramalan status siaga banjir akan dibuat dengan menggunakan bahasa pemrograman *java*. Pada tabel 4.1 menunjukkan data AWLR *Station* Kambing dengan *range* waktu satu hari yaitu tanggal 07 Desember 2016 dimana data tersebut terdapat tiga siaga yaitu hijau, kuning, dan merah. Sedangkan tabel 4.2 menunjukkan data ARR *Sation* Kambing dengan *range* waktu satu hari yaitu tanggal 19 Desember 2015 dimana data tersebut terdapat 2 status yaitu normal dan siaga. Dalam menentukan peramalan status siaga banjir ini menggunakan data satu bulan untuk meramalkan jam berikutnya.

**Tabel 4.1 Data Status Siaga AWLR di *Station* Kambing**

Tanggal Waktu	TMA (m)	WL Siaga(m)
16-12-07 00:00:00	7.95	NORMAL
16-12-07 01:00:00	7.91	NORMAL
16-12-07 02:00:00	7.89	NORMAL
16-12-07 03:00:00	7.85	NORMAL
16-12-07 04:00:00	7.83	NORMAL
16-12-07 05:00:00	7.81	NORMAL
16-12-07 06:00:00	7.97	NORMAL
16-12-07 07:00:00	8.57	NORMAL
16-12-07 08:00:00	10.7	KUNING
16-12-07 09:00:00	11.05	MERAH
16-12-07 10:00:00	8.57	NORMAL

16-12-07 11:00:00	8.57	NORMAL
16-12-07 12:00:00	10.68	KUNING
16-12-07 13:00:00	10.62	KUNING
16-12-07 14:00:00	10.43	HIJAU
16-12-07 15:00:00	9.74	NORMAL
16-12-07 16:00:00	9.55	NORMAL
16-12-07 17:00:00	8.34	NORMAL
16-12-07 18:00:00	8.14	NORMAL
16-12-07 19:00:00	8.14	NORMAL
16-12-07 20:00:00	8.04	NORMAL
16-12-07 21:00:00	8.02	NORMAL
16-12-07 22:00:00	7.99	NORMAL
16-12-07 23:00:00	7.99	NORMAL

**Tabel 4.2 Data Status Siaga ARR di Station Kambing**

Tanggal Waktu	Kumulatif	Siaga
15-12-19 00:00:00	69	NORMAL
15-12-19 01:00:00	69	NORMAL
15-12-19 02:00:00	0	NORMAL
15-12-19 03:00:00	0	NORMAL
15-12-19 04:00:00	0	NORMAL
15-12-19 05:00:00	0	NORMAL
15-12-19 06:00:00	1	NORMAL
15-12-19 07:00:00	1	NORMAL
15-12-19 08:00:00	2	NORMAL
15-12-19 09:00:00	2	NORMAL
15-12-19 10:00:00	2	NORMAL
15-12-19 11:00:00	2	NORMAL
15-12-19 12:00:00	2	NORMAL
15-12-19 13:00:00	2	NORMAL
15-12-19 14:00:00	52	NORMAL
15-12-19 15:00:00	85	NORMAL
15-12-19 16:00:00	127	SIAGA
15-12-19 17:00:00	149	SIAGA
15-12-19 18:00:00	151	SIAGA
15-12-19 19:00:00	151	SIAGA
15-12-19 20:00:00	151	SIAGA
15-12-19 21:00:00	151	SIAGA
15-12-19 22:00:00	151	SIAGA
15-12-19 23:00:00	151	SIAGA

## 4.2 Perancangan Algoritma

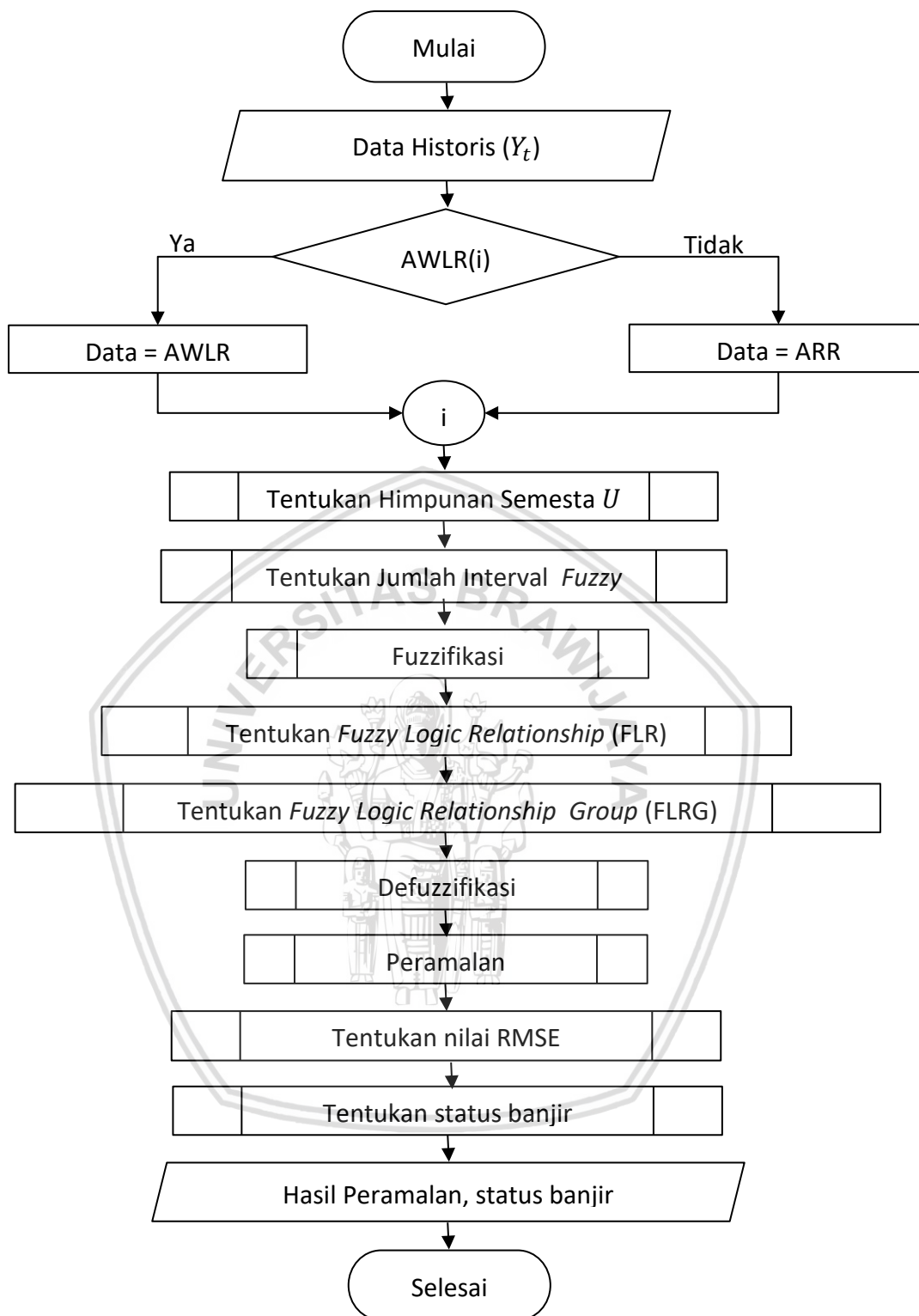
Pada tahap perancangan algoritma ini merupakan proses penyelesaian masalah peramalan siaga banjir menggunakan metode *fuzzy time series*. Pada gambar 4.1 menunjukkan diagram alir secara umum metode yang akan digunakan, berikut ini adalah penjelasannya:

1. Mengumpulkan data historis ( $Y_t$ ) yaitu data AWLR dan ARR yang mempunyai nilai data yang berbeda, kemudian melakukan inisialisasi data latih dan data uji.
2. Pemilihan data, apabila data yang dipilih AWLR maka data yang diolah yaitu AWLR, sedangkan apabila data yang dipilih ARR maka data yang diolah yaitu ARR.
3. Mendefinisikan himpunan semesta  $U$  (*universal discourse*), berdasarkan nilai  $D_{min}$  dan  $D_{max}$  pada data AWLR dan ARR.
4. Menentukan jumlah interval fuzzy.
5. Melakukan fuzzifikasi pada data historis.
6. Membentuk *Fuzzy Logic Relationship* (FLR).
7. Membentuk *Fuzzy Logic Relationship Group* (FLRG).
8. Melakukan defuzzifikasi untuk mendapatkan hasil peramalan yaitu dengan menghitung rata-rata nilai tengah.
9. Menghitung nilai RMSE untuk mendapatkan nilai kesalahan peramalan.
10. Keluarannya adalah nilai peramalan status siaga banjir berdasarkan data AWLR dan ARR.

### 4.2.1 Tentukan Himpunan Semesta $U$

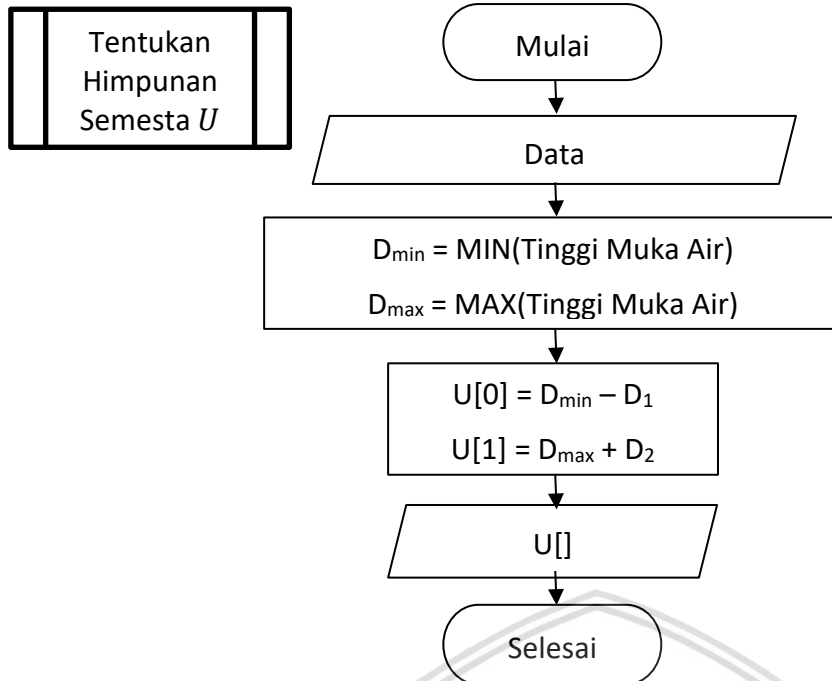
Tahap pertama yaitu mengumpulkan data historis AWLR dan ARR, selanjutnya adalah menentukan himpunan semesta  $U$ . Tahapan ini ditunjukkan pada gambar 4.2, berikut ini penjelasannya:

1. Mencari nilai  $D_{min}$  dan  $D_{max}$  dari data.
2. Menentukan batas bawah  $U[0]$  dan batas atas  $U[1]$  berdasarkan persamaan 2.2.
3. *Output* dari tahapan ini adalah nilai  $U$  yang dimulai dari batas bawah dan batas atas.



**Gambar 4.1 Flowchart Metode Fuzzy Time Series**



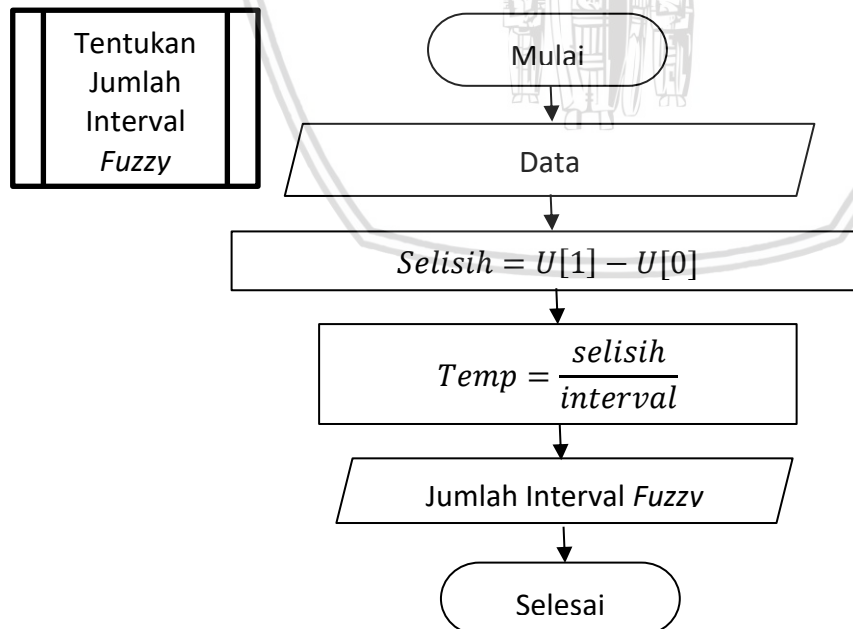


**Gambar 4.2 Flowchart Himpunan Semesta  $U$**

#### 4.2.2 Tentukan Jumlah Interval Fuzzy

Tahap selanjutnya yaitu penentuan jumlah interval fuzzy, dimana langkah-langkahnya ditunjukkan pada gambar 4.3. Berikut ini adalah penjelasannya:

1. Mencari selisih dengan cara pengurangan antara  $U[1]$  dengan  $U[0]$ .
2. Menentukan nilai temp dengan cara membagi selisih dengan interval.
3. *Output* dari tahapan ini adalah jumlah interval Fuzzy.

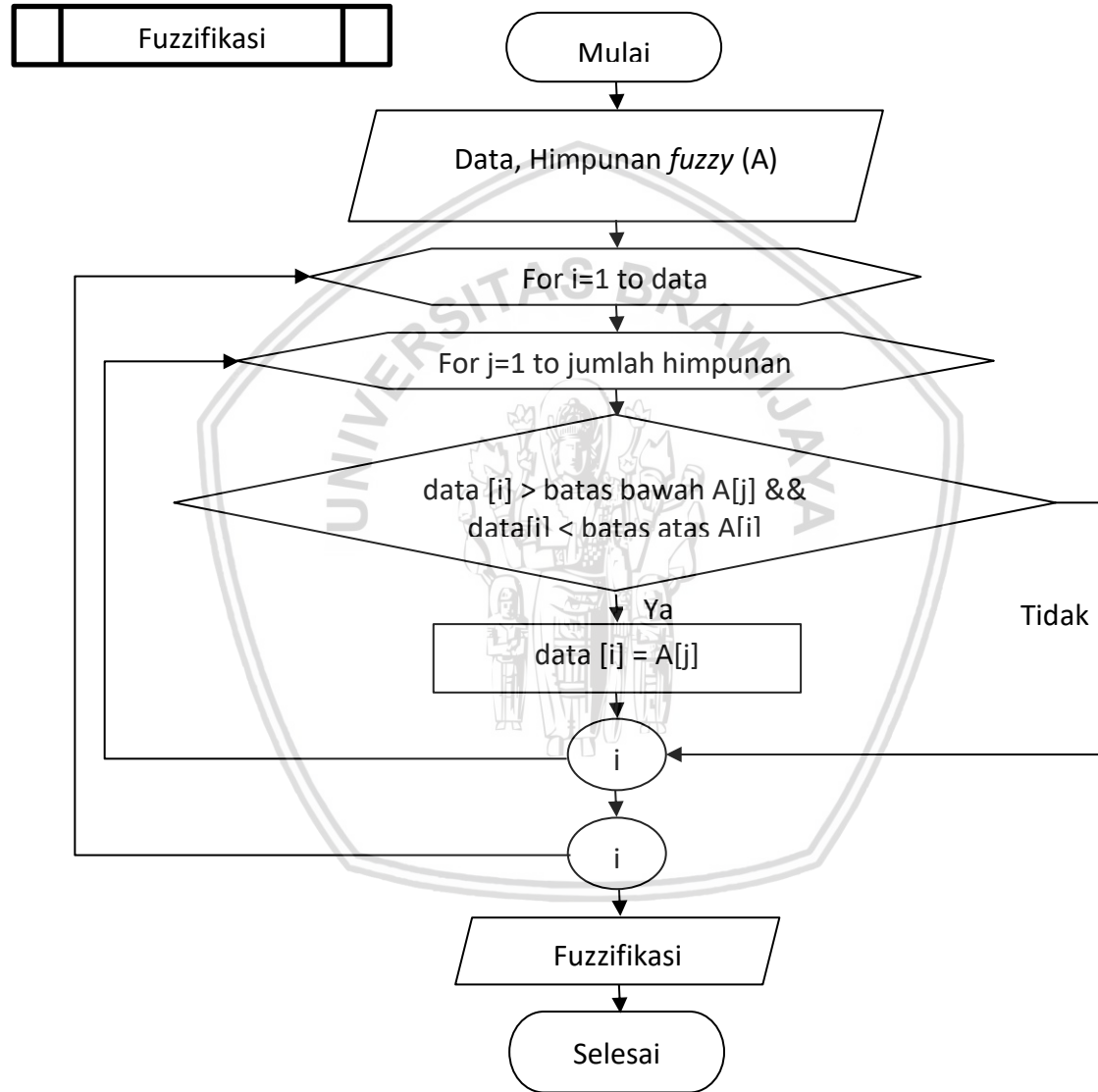


**Gambar 4.3 Flowchart Jumlah Interval  $I$  AWLR**

### 4.2.3 Fuzzifikasi

Tahap selanjutnya yaitu proses fuzzifikasi, dimana langkah-langkahnya ditunjukkan pada gambar 4.4. Berikut ini adalah penjelasannya:

1. Input data uji yaitu data AWLR dan ARR, serta himpunan  $fuzzy(A)$ .
2. Setiap data akan ditentukan himpunan  $fuzzy$ , apabila nilai dari data ke  $i$  berada pada interval ke  $j$  maka himpunan  $fuzzy$  adalah  $A_j$ .
3. Output dari tahapan ini adalah hasil fuzzifikasi data uji.

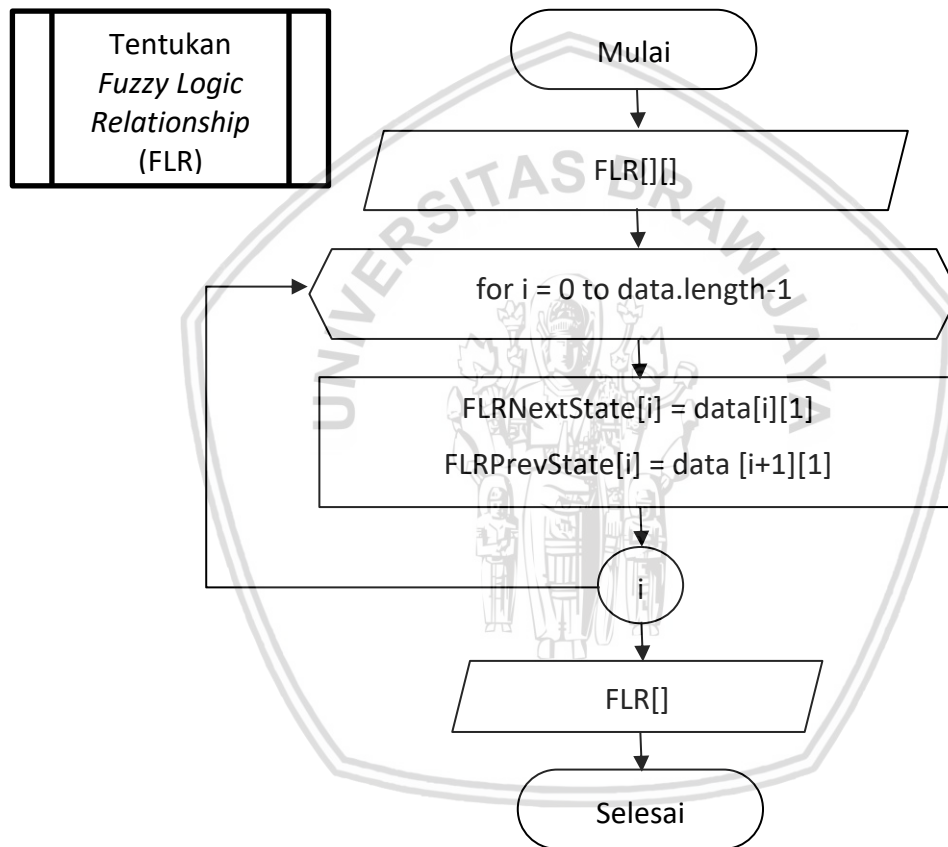


Gambar 4.4 Flowchart Fuzzifikasi

#### 4.2.4 Tentukan Fuzzy Logic Relationship (FLR)

Tahap selanjutnya yaitu menentukan *Fuzzy Logic Relationship* (FLR), dimana langkah-langkahnya ditunjukkan pada gambar 4.5. Berikut ini adalah penjelasannya:

1. Input hasil dari fuzzifikasi dan himpunan *fuzzy* yang terbentuk.
2. Data fuzzifikasi akan dibentuk menjadi FLR, dengan aturan setiap data fuzzifikasi (*previous state*) akan berelasi dengan data fuzzifikasi selanjutnya (*next state*).
3. Output dari tahapan ini adalah hasil FLR.



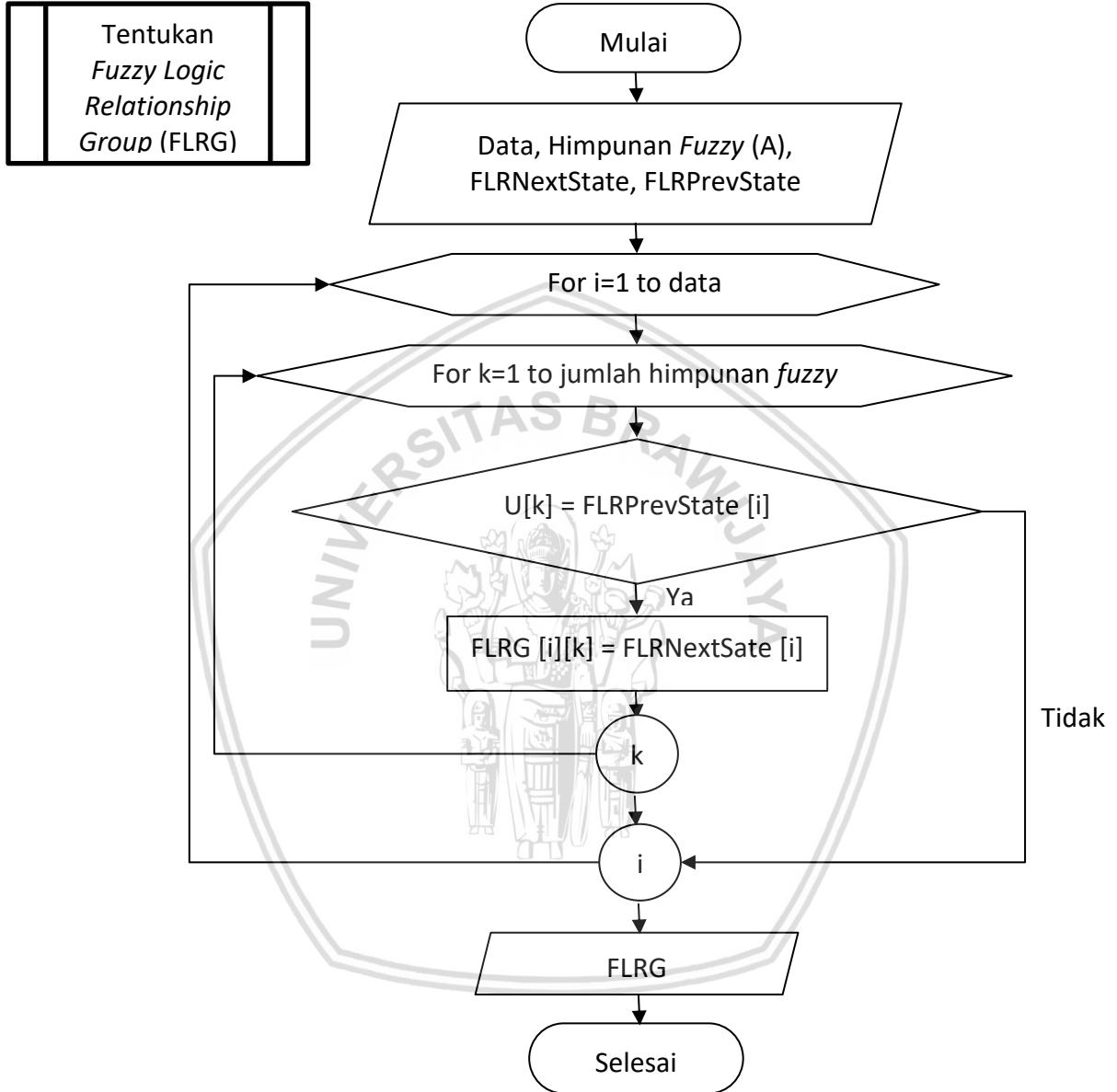
**Gambar 4.5 Flowchart Fuzzy Logic Relationship (FLR)**

#### 4.2.5 Tentukan Fuzzy Logic Relationship Group (FLRG)

Tahap selanjutnya yaitu menentukan *Fuzzy Logic Relationship Group* (FLRG), dimana langkah-langkahnya ditunjukkan pada gambar 4.6. Berikut ini adalah penjelasannya:

1. Input data, himpunan fuzzy, FLRNextState (*next state*), dan FLRPrevState (*previous state*).

2. Data fuzzifikasi akan dibentuk menjadi FLR, dengan aturan setiap data fuzzifikasi (*prevState*) akan berelasi dengan data fuzzifikasi selanjutnya (*nextState*).
3. Output dari tahapan ini adalah hasil FLRG.



**Gambar 4.6 Flowchart Fuzzy Logic Relationship Group (FLRG)**

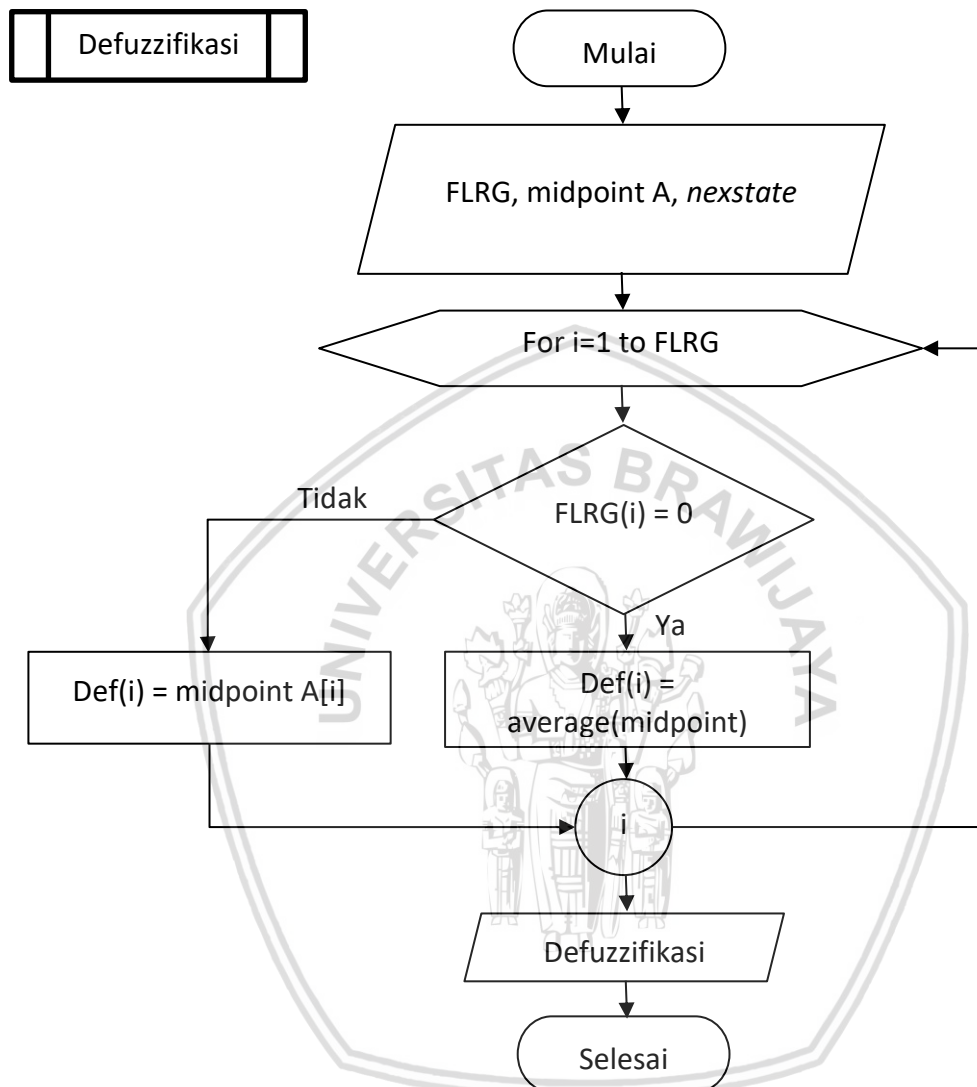
#### 4.2.6 Defuzzifikasi

Tahap selanjutnya yaitu proses defuzzifikasi, dimana langkah-langkahnya ditunjukkan pada gambar 4.7. Berikut ini adalah penjelasannya:

1. Input hasil FLRG berupa *nextState*, *midpoint* A.
2. Tahap selanjutnya terdapat kondisi yaitu apabila FLRG ke *i* tidak kosong, maka defuzzifikasi adalah rata-rata (*average*) dari *midpoint* himpunan *fuzzy* yang

sesuai dengan *next state* FLRG *i*. Namun apabila FLRG ke *i* kosong, maka defuzzifikasi adalah nilai *midpoint* pada himpunan *fuzzy* yang sesuai FLRG *i*.

3. Output dari tahapan ini adalah hasil defuzzifikasi.

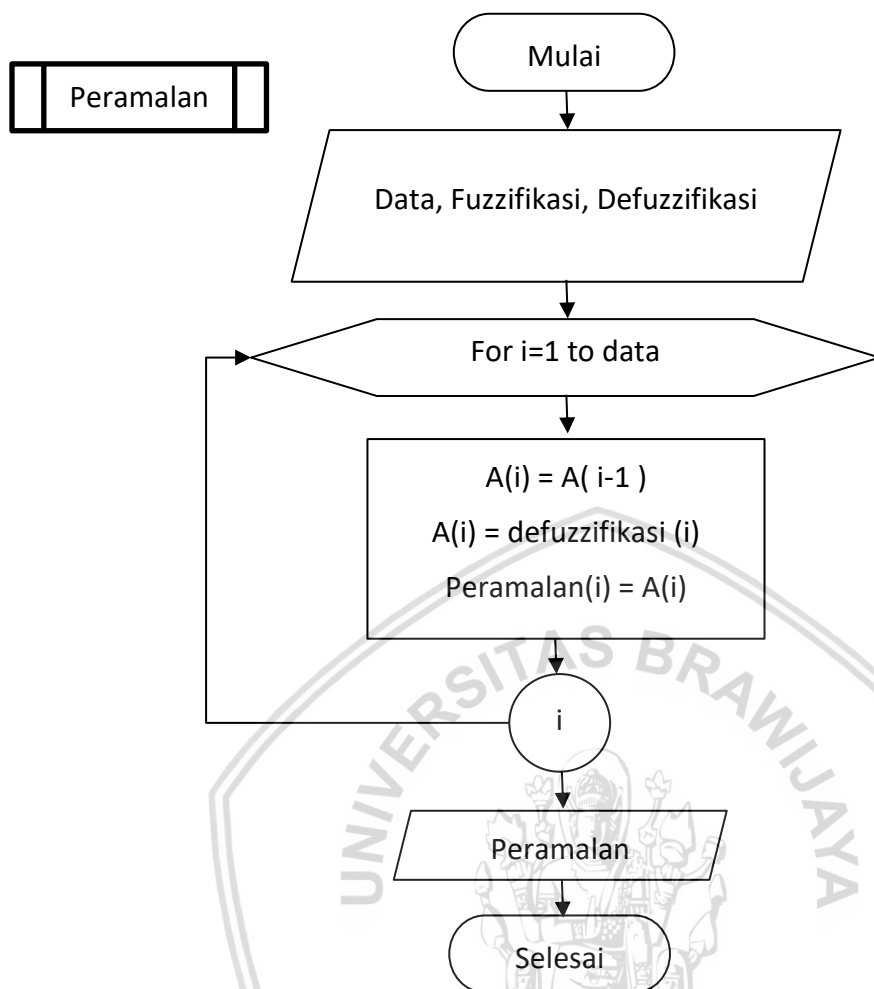


**Gambar 4.7 Flowchart Defuzzifikasi**

#### 4.2.7 Peramalan

Tahap selanjutnya yaitu proses peramalan, dimana langkah-langkahnya ditunjukkan pada gambar 4.8. Berikut ini adalah penjelasannya:

1. Input data, hasil fuzzifikasi, dan defuzzifikasi.
2. Semua data ke *i* akan dilakukan proses peramalan yaitu jika fuzzifikasi data ke *i* adalah  $A_i$  maka peramalan data ke *i* adalah hasil defuzzifikasi  $A_{(i-1)}$ .
3. Output dari tahapan ini adalah hasil peramalan.



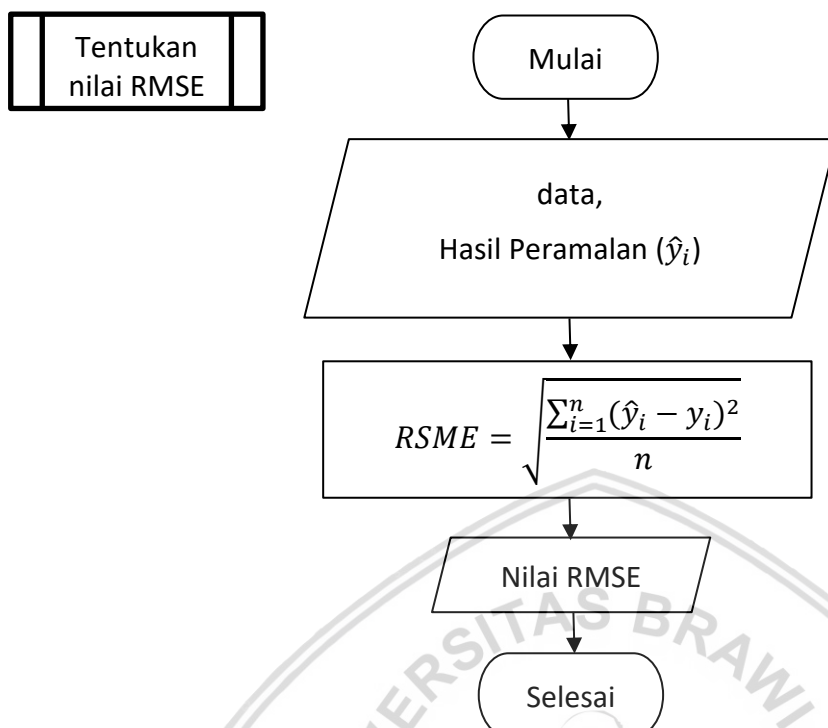
**Gambar 4.8 Flowchart Peramalan AWLR**

#### 4.2.8 Tentukan Nilai RMSE

Tahap selanjutnya yaitu menentukan nilai RMSE, dimana langkah-langkahnya ditunjukkan pada gambar 4.9. Berikut ini adalah penjelasannya:

1. Input data dan hasil peramalan ( $\hat{y}_i$ ).
2. Untuk setiap data ke  $i$  akan dihitung dengan menguadratkan *error* (selisih antara data aktual dengan hasil peramalan) dibagi dengan jumlah data, kemudian diakarkan.
3. Output dari tahapan ini adalah nilai RMSE.





Gambar 4.9 Flowchart Nilai RMSE

### 4.3 Penyelesaian Masalah Menggunakan *Fuzzy Time Series*

#### 4.3.1 Data AWLR

##### 4.3.1.1 Tentukan Himpunan Semesta $U$

Dalam pembentukan himpunan semesta  $U$ , hal yang perlu dilakukan yaitu menentukan nilai  $D_{min}$  dan  $D_{max}$  pada data aktual AWLR perum Jasa Tirta I. Himpunan semesta  $U$  terdiri  $U[0]$  yang merupakan batas bawah dimana  $U[0]$  lebih kecil dari nilai  $D_{min}$ , dan  $U[1]$  yang merupakan batas atas dimana  $U[1]$  lebih besar dari nilai  $D_{max}$ . Mengacu pada tabel 4.1 maka didapatkan nilai  $D_{min} = 7.81$  dan  $D_{max} = 11.05$ . Berdasarkan persamaan 2.2 dapat ditentukan:

$$\begin{aligned}
 U &= [D_{min} - D_1, D_2 + D_{max}] \\
 U &= [7.81 - 0.81, 11.05 + 0.95] \\
 U &= [7, 12]
 \end{aligned}$$

Sehingga didapatkan nilai  $U[0] = 7$  dan  $U[1] = 12$  dengan nilai  $D_1$  dan  $D_2$  merupakan bilangan positif yang tepat.

##### 4.3.1.2 Menentukan Jumlah Interval dan Himpunan *Fuzzy*

Jumlah interval ditentukan dengan menginputkan sesuai yang diinginkan user, dalam proses manualisasi jumlah interval yang diinginkan yaitu 10. Selanjutnya adalah membentuk himpunan *fuzzy*, diantaranya adalah sebagai berikut:

$$A1 = [7 ; 7.5), A2 = [7.5 ; 8), A3 = [8 ; 8.5), A4 = [8.5 ; 9), A5 = [9 ; 9.5),$$

$A_6 = [9.5 ; 10)$ ,  $A_7 = [10 ; 10.5)$ ,  $A_8 = [10.5 ; 11)$ ,  $A_9 = [11 ; 11.5)$ ,  
 $A_{10} = [11.5 ; 17)$ .

#### 4.3.1.3 Fuzzifikasi

Setelah didapatkan interval *fuzzy*, langkah selanjutnya yaitu melakukan proses fuzzifikasi dimana dalam proses ini data aktual diubah menjadi bilangan *fuzzy*. Jika  $F(t)$  berada pada *fuzzy set*  $A_i$  maka  $F(t)$  difuzzifikasikan sebagai  $A_i$ . Diambil contoh, pada data tanggal 07 Desember 2016 jam 07:00 dengan nilai TMA sebesar 8.57m dilakukan fuzzifikasi yaitu  $A_4$  dengan interval  $[8.5, 9)$ . Berdasarkan himpunan *fuzzy* maka diperoleh hasil fuzzifikasi data aktual yang ditunjukkan pada tabel 4.3.

**Tabel 4.3 Fuzzifikasi Data AWLR**

id	Nama Stasiun	Tanggal Waktu	TMA (m)	Fuzzifikasi
25698	AWLR KAMBING	16-12-07 00:00:00	7.95	A2
25699	AWLR KAMBING	16-12-07 01:00:00	7.91	A2
25700	AWLR KAMBING	16-12-07 02:00:00	7.89	A2
25701	AWLR KAMBING	16-12-07 03:00:00	7.85	A2
25702	AWLR KAMBING	16-12-07 04:00:00	7.83	A2
25703	AWLR KAMBING	16-12-07 05:00:00	7.81	A2
25704	AWLR KAMBING	16-12-07 06:00:00	7.97	A2
25705	AWLR KAMBING	16-12-07 07:00:00	8.57	A4
25706	AWLR KAMBING	16-12-07 08:00:00	10.7	A8
25707	AWLR KAMBING	16-12-07 09:00:00	11.05	A9
25708	AWLR KAMBING	16-12-07 10:00:00	8.57	A4
25709	AWLR KAMBING	16-12-07 11:00:00	8.57	A4
25710	AWLR KAMBING	16-12-07 12:00:00	10.68	A8
25711	AWLR KAMBING	16-12-07 13:00:00	10.62	A8
25712	AWLR KAMBING	16-12-07 14:00:00	10.43	A7
25713	AWLR KAMBING	16-12-07 15:00:00	9.74	A6
25714	AWLR KAMBING	16-12-07 16:00:00	9.55	A6
25715	AWLR KAMBING	16-12-07 17:00:00	8.34	A3
25716	AWLR KAMBING	16-12-07 18:00:00	8.14	A3
25717	AWLR KAMBING	16-12-07 19:00:00	8.14	A3
25718	AWLR KAMBING	16-12-07 20:00:00	8.04	A3
25719	AWLR KAMBING	16-12-07 21:00:00	8.02	A3
25720	AWLR KAMBING	16-12-07 22:00:00	7.99	A2
25721	AWLR KAMBING	16-12-07 23:00:00	7.99	A2

Pembentukan matriks himpunan *fuzzy* didapatkan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$A_i = a_{i1}/u_1 + a_{i2}/u_2 + a_{i3}/u_3 + \dots + a_{im}/u_m \quad (4.1)$$

$$A_1 = 1/u_1 + 0.5/u_2 + 0/u_3 + \dots + 0/u_{10}$$

$$A_2 = 0.5/u_1 + 1/u_2 + 0.5/u_3 + \dots + 0/u_{10}$$

⋮

:

$$A_2 = 0/u_1 + \dots + 0.5/u_{19} + 1/u_{10}$$

Himpunan *fuzzy* yang dibentuk dapat dibuat matriks tiap-tiap himpunan *fuzzy*  $A_i$  sebanyak jumlah interval *fuzzy*. Hasil matriks himpunan *fuzzy* ditunjukkan pada tabel 4.4.

**Tabel 4.4 Matriks Himpunan Fuzzy Data AWLR**

	U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	U8	U9	U10
A1	1	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0
A2	0,5	1	0,5	0	0	0	0	0	0	0
A3	0	0,5	1	0,5	0	0	0	0	0	0
A4	0	0	0,5	1	0,5	0	0	0	0	0
A5	0	0	0	0,5	1	0,5	0	0	0	0
A6	0	0	0	0	0,5	1	0,5	0	0	0
A7	0	0	0	0	0	0,5	1	0,5	0	0
A8	0	0	0	0	0	0	0,5	1	0,5	0
A9	0	0	0	0	0	0	0	0,5	1	0,5
A10	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	1

#### 4.3.1.4 Tentukan Fuzzy Logic Relationship (FLR)

Langkah selanjutnya yaitu menentukan *Fuzzy Logic Relationship* (FLR) pada setiap data AWRL yang diperoleh dari tabel 4.3. FLR didapatkan dengan melihat hasil dari fuzzifikasi data AWLR. Apabila  $F(t-1)$  difuzzifikasikan sebagai  $A_{i-1}$  dan  $F(t)$  difuzzifikasikan sebagai  $A_i$ , sehingga  $A_{i-1}$  mempunyai relasi dengan  $A_i$ .

Diambil contoh, terdapat relasi antara tanggal 07 Desember 2016 jam 00:00 ke 07 Desember 2016 jam 01:00. Mengacu tabel 4.3, tanggal 07 Desember 2016 jam 00:00 termasuk ke dalam himpunan *fuzzy*  $A_2$ , sedangkan tanggal 07 Desember 2016 jam 01:00 termasuk ke dalam himpunan *fuzzy*  $A_2$ . Dengan demikian, relasi antara  $A_2$  dan  $A_2$  dinamakan FLR. Relasi tersebut dapat dinotasikan dengan  $A_2 \rightarrow A_2$ . Hasil dari FLR ditunjukkan pada tabel 4.5.

**Tabel 4.5 Fuzzy Logic Relationship (FLR) Data AWLR**

Tanggal Waktu	FLR
16-12-07 00:00:00 → 16-12-07 01:00:00	$A_2 \rightarrow A_2$
16-12-07 01:00:00 → 16-12-07 02:00:00	$A_2 \rightarrow A_2$
16-12-07 02:00:00 → 16-12-07 03:00:00	$A_2 \rightarrow A_2$
16-12-07 03:00:00 → 16-12-07 04:00:00	$A_2 \rightarrow A_2$
16-12-07 04:00:00 → 16-12-07 05:00:00	$A_2 \rightarrow A_2$
16-12-07 05:00:00 → 16-12-07 06:00:00	$A_2 \rightarrow A_2$
16-12-07 06:00:00 → 16-12-07 07:00:00	$A_2 \rightarrow A_4$
16-12-07 07:00:00 → 16-12-07 08:00:00	$A_4 \rightarrow A_8$
16-12-07 08:00:00 → 16-12-07 09:00:00	$A_8 \rightarrow A_9$
16-12-07 09:00:00 → 16-12-07 10:00:00	$A_9 \rightarrow A_4$
16-12-07 10:00:00 → 16-12-07 11:00:00	$A_4 \rightarrow A_4$

16-12-07 11:00:00 → 16-12-07 12:00:00	A4 → A8
16-12-07 12:00:00 → 16-12-07 13:00:00	A8 → A8
16-12-07 13:00:00 → 16-12-07 14:00:00	A8 → A7
16-12-07 14:00:00 → 16-12-07 15:00:00	A7 → A6
16-12-07 15:00:00 → 16-12-07 16:00:00	A6 → A6
16-12-07 16:00:00 → 16-12-07 17:00:00	A6 → A3
16-12-07 17:00:00 → 16-12-07 18:00:00	A3 → A3
16-12-07 18:00:00 → 16-12-07 19:00:00	A3 → A3
16-12-07 19:00:00 → 16-12-07 20:00:00	A3 → A3
16-12-07 20:00:00 → 16-12-07 21:00:00	A3 → A3
16-12-07 21:00:00 → 16-12-07 22:00:00	A3 → A2
16-12-07 22:00:00 → 16-12-07 23:00:00	A2 → A2

#### 4.3.1.5 Tentukan Fuzzy Logic Relationship Group (FLRG)

Penentuan FLRG mengacu pada tabel 4.6 yang merupakan hasil FLR dari data historis. Apabila *current state* sama maka akan dikelompokkan menjadi satu *current state* dengan beberapa *next state* sesuai dengan FLR yang telah dibentuk. Diambil contoh,  $A_7$  memiliki beberapa *next state* yaitu  $A_5, A_{10}$ , dan  $A_7$ . Maka FLR dengan *current state*  $A_7$  dapat dikelompokkan menjadi satu. Hal tersebut dapat dinotasikan dengan  $A_7 \rightarrow A_5, A_{10}, A_7$ . Sedangkan apabila memiliki satu relasi yang berulang pada FLR maka cukup ditulis sekali pada FLRG. Hasil dari FLRG ditunjukkan pada tabel 4.6.

**Tabel 4.6 Fuzzy Logic Relationship Group (FLRG) Data AWLR**

Current State	Next State
A1	-
A2	A2, A4
A3	A3, A2
A4	A8, A4
A5	-
A6	A6, A3
A7	A5, A10, A7
A8	A9, A8, A7
A9	A4
A10	-

#### 4.3.1.6 Defuzzifikasi

Defuzzifikasi merupakan proses pencarian rata-rata nilai tengah (*midpoint*) dari setiap himpunan fuzzy  $A_i$  yang terdapat dalam FLRG, pada masing-masing interval  $A_i$ . Diambil contoh, pada *current state*  $A_7$  yang memiliki *next state*  $A_5, A_{10}, A_7$  dengan interval  $A_5 = [9 ; 9.5)$ ,  $A_{10} = [11.5 ; 12)$ , dan  $A_7 = [10 ; 10.5)$ . Maka hasil prediksi  $A_7$  merupakan rata-rata nilai tengah (*midpoint*) dari interval  $A_5, A_{10}, A_7$ , yaitu  $m_5 = 9.25$ ,  $m_{10} = 11.75$ , dan  $m_7 = 10.25$ . Sehingga hasil prediksi  $A_7$  adalah sebagai berikut:

$$\text{Prediksi } A_7 = (9.25 + 11.75 + 10.25) / 4 \\ = 10.41666667$$

Hasil dari defuzzifikasi ditunjukkan pada tabel 4.7.

**Tabel 4.7 Defuzzifikasi Data AWRL**

Current State	Next State	Defuzzifikasi
A1	-	-
A2	A2, A4	8.25
A3	A3, A2	8
A4	A8, A4	9.75
A5	-	-
A6	A6, A3	9
A7	A5, A10, A7	10.41666667
A8	A9, A8, A7	10.75
A9	A4	8.75
A10	-	-

#### 4.3.1.7 Peramalan

Langkah selanjutnya adalah menentukan hasil peramalan status siaga banjir. Penentuan hasil peramalan melihat dari hasil defuzzifikasi. Diambil contoh, pada tanggal 07 Desember 2016 jam 07:00 adalah data ke i, maka hasil peramalan pada tanggal dan jam ini didapatkan dari data i-1 yaitu tanggal 07 Desember 2016 jam 06:00 yang termasuk ke dalam himpunan fuzzy  $A_2$ . Sehingga didapatkan hasil peramalan pada tanggal 07 Desember 2016 jam 06:00 merupakan hasil defuzzifikasi dari himpunan  $A_2$  dengan nilai 8.25. Hasil dari peramalan keseluruhan data historis ditunjukkan pada tabel 4.8.

**Tabel 4.8 Hasil Peramalan Data AWLR**

Tanggal Waktu	Data Aktual	Hasil Peramalan	Status
16-12-07 00:00:00	7.95	8.25	Normal
16-12-07 01:00:00	7.91	8.25	Normal
16-12-07 02:00:00	7.89	8.25	Normal
16-12-07 03:00:00	7.85	8.25	Normal
16-12-07 04:00:00	7.83	8.25	Normal
16-12-07 05:00:00	7.81	8.25	Normal
16-12-07 06:00:00	7.97	8.25	Normal
16-12-07 07:00:00	8.57	9.75	Normal
16-12-07 08:00:00	10.7	10.75	Siaga Kuning
16-12-07 09:00:00	11.05	8.75	Normal
16-12-07 10:00:00	8.57	9.75	Normal
16-12-07 11:00:00	8.57	9.75	Normal
16-12-07 12:00:00	10.68	10.75	Siaga Kuning

16-12-07 13:00:00	10.62	10.75	Siaga Kuning
16-12-07 14:00:00	10.43	10.41666667	Siaga Hijau
16-12-07 15:00:00	9.74	9	Normal
16-12-07 16:00:00	9.55	9	Normal
16-12-07 17:00:00	8.34	8	Normal
16-12-07 18:00:00	8.14	8	Normal
16-12-07 19:00:00	8.14	8	Normal
16-12-07 20:00:00	8.04	8	Normal
16-12-07 21:00:00	8.02	8	Normal
16-12-07 22:00:00	7.99	8.25	Normal
16-12-07 23:00:00	7.99	8.25	Normal

#### 4.3.1.8 Tentukan Nilai RMSE

Setelah didapatkan hasil peramalan semua data historis, maka langkah terakhir yaitu menentukan nilai kesalahan dengan menggunakan perhitungan RMSE berdasarkan persamaan 2.7. Nilai RMSE ditunjukkan pada tabel 4.9.

**Tabel 4.9 Nilai RMSE Data AWLR**

Tanggal Waktu	Data Aktual	Hasil Peramalan	Status	$(\hat{y}_i - y_i)^2$
16-12-07 00:00:00	7.95	8.25	Normal	0.09
16-12-07 01:00:00	7.91	8.25	Normal	0.1156
16-12-07 02:00:00	7.89	8.25	Normal	0.1296
16-12-07 03:00:00	7.85	8.25	Normal	0.16
16-12-07 04:00:00	7.83	8.25	Normal	0.1764
16-12-07 05:00:00	7.81	8.25	Normal	0.1936
16-12-07 06:00:00	7.97	8.25	Normal	0.0784
16-12-07 07:00:00	8.57	9.75	Normal	1.3924
16-12-07 08:00:00	10.7	10.75	Siaga Kuning	0.0025
16-12-07 09:00:00	11.05	8.75	Normal	5.29
16-12-07 10:00:00	8.57	9.75	Normal	1.3924
16-12-07 11:00:00	8.57	9.75	Normal	1.3924
16-12-07 12:00:00	10.68	10.75	Siaga Kuning	0.0049
16-12-07 13:00:00	10.62	10.75	Siaga Kuning	0.0169
16-12-07 14:00:00	10.43	10.41666667	Siaga Hijau	0.00017778
16-12-07 15:00:00	9.74	9	Normal	0.5476
16-12-07 16:00:00	9.55	9	Normal	0.3025
16-12-07 17:00:00	8.34	8	Normal	0.1156
16-12-07 18:00:00	8.14	8	Normal	0.0196
16-12-07 19:00:00	8.14	8	Normal	0.0196
16-12-07 20:00:00	8.04	8	Normal	0.0016
16-12-07 21:00:00	8.02	8	Normal	0.0004
16-12-07 22:00:00	7.99	8.25	Normal	0.0676
16-12-07 23:00:00	7.99	8.25	Normal	0.0676
				0.694543548



#### 4.3.1.9 Tentukan Status Siaga Banjir

Status siaga banjir pada data AWLR terdapat tiga status, yaitu hijau, kuning, dan merah. Dalam penentuan tersebut terdapat beberapa aturan, dikatakan siaga hijau apabila nilai TMA lebih dari atau sama dengan 10.00 m, siaga kuning apabila nilai TMA lebih dari atau sama dengan 10.50 m, sedangkan siaga merah apabila nilai TMA lebih dari atau sama dengan 11.00 m.

#### 4.3.2 Data ARR

##### 4.3.2.1 Tentukan Himpunan Semesta $U$

Dalam pembentukan himpunan semesta  $U$ , hal yang perlu dilakukan yaitu menentukan nilai  $D_{min}$  dan  $D_{max}$  pada data aktual ARR perum Jasa Tirta I. Himpunan semesta  $U$  terdiri  $U[0]$  yang merupakan batas bawah dimana  $U[0]$  lebih kecil dari nilai  $D_{min}$ , dan  $U[1]$  yang merupakan batas atas dimana  $U[1]$  lebih besar dari nilai  $D_{max}$ . Mengacu pada tabel 4.2 maka didapatkan nilai  $D_{min} = 0$  dan  $D_{max} = 105$ . berdasarkan persamaan 2.2 dapat ditentukan:

$$U = [D_{min} - D_1, D_2 + D_{max}]$$

$$U = [0 - 0, 1 + 105]$$

$$U = [0, 106]$$

Sehingga didapatkan nilai  $U[0] = 0$  dan  $U[1] = 106$  dengan nilai  $D_1$  dan  $D_2$  merupakan bilangan positif yang tepat.

##### 4.3.2.2 Menentukan Jumlah Interval dan himpunan *Fuzzy*

Jumlah interval ditentukan dengan menginputkan sesuai yang diinginkan user, dalam proses manualisasi jumlah interval yang diinginkan yaitu 10. Selanjutnya adalah membentuk himpunan *fuzzy*, diantaranya adalah sebagai berikut:

$A_1 = [0 ; 10,6)$ ,  $A_2 = [10,6 ; 21,2)$ ,  $A_3 = [21,2 ; 31,8)$ ,  $A_4 = [31,8 ; 42,4)$ ,  
 $A_5 = [42,4 ; 53)$ ,  $A_6 = [53 ; 63,6)$ ,  $A_7 = [63,6 ; 74,2)$ ,  $A_8 = [74,2 ; 84,8)$ ,  
 $A_9 = [84,8 ; 95,4)$ ,  $A_{10} = [95,4 ; 106)$ .

##### 4.3.2.3 Fuzzifikasi

Setelah didapatkan interval *fuzzy*, langkah selanjutnya yaitu melakukan proses fuzzifikasi dimana dalam proses ini data aktual diubah menjadi bilangan *fuzzy*. Jika  $F(t)$  berada pada *fuzzy set*  $A_i$  maka  $F(t)$  difuzzifikasikan sebagai  $A_i$ . Diambil contoh, pada data tanggal 04 Februari 2015 jam 01:00 dengan nilai kumulatif sebesar  $t_2$  dilakukan fuzzifikasi yaitu  $A_7$  dengan interval  $[63,6 ; 74,2)$ . Berdasarkan himpunan *fuzzy* maka diperoleh hasil fuzzifikasi data aktual yang ditunjukkan pada tabel 4.10.

**Tabel 4.10 Fuzzifikasi Data ARR**

id	Nama Stasiun	Tanggal Waktu	Kumulatif	Fuzzifikasi
17209	ARR KALI KAMBING	15-02-04 00:00:00	64.00	A7
17210	ARR KALI KAMBING	15-02-04 01:00:00	64.00	A7
17211	ARR KALI KAMBING	15-02-04 02:00:00	0.00	A1
17212	ARR KALI KAMBING	15-02-04 03:00:00	0.00	A1
17213	ARR KALI KAMBING	15-02-04 04:00:00	0.00	A1
17214	ARR KALI KAMBING	15-02-04 05:00:00	0.00	A1
17215	ARR KALI KAMBING	15-02-04 06:00:00	0.00	A1
17216	ARR KALI KAMBING	15-02-04 07:00:00	0.00	A1
17217	ARR KALI KAMBING	15-02-04 08:00:00	0.00	A1
17218	ARR KALI KAMBING	15-02-04 09:00:00	0.00	A1
17219	ARR KALI KAMBING	15-02-04 10:00:00	0.00	A1
17220	ARR KALI KAMBING	15-02-04 11:00:00	0.00	A1
17221	ARR KALI KAMBING	15-02-04 12:00:00	0.00	A1
17222	ARR KALI KAMBING	15-02-04 13:00:00	0.00	A1
17223	ARR KALI KAMBING	15-02-04 14:00:00	0.00	A1
17224	ARR KALI KAMBING	15-02-04 15:00:00	0.00	A1
17225	ARR KALI KAMBING	15-02-04 16:00:00	0.00	A1
17226	ARR KALI KAMBING	15-02-04 17:00:00	3.00	A1
17227	ARR KALI KAMBING	15-02-04 18:00:00	20.00	A2
17228	ARR KALI KAMBING	15-02-04 19:00:00	20.00	A2
17229	ARR KALI KAMBING	15-02-04 20:00:00	82.00	A8
17230	ARR KALI KAMBING	15-02-04 21:00:00	101.00	A10
17231	ARR KALI KAMBING	15-02-04 22:00:00	105.00	A10
17232	ARR KALI KAMBING	15-02-04 23:00:00	105.00	A10

Pembentukan matriks himpunan *fuzzy* didapatkan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$A_i = a_{i1}/u_1 + a_{i2}/u_2 + a_{i3}/u_3 + \dots + a_{im}/u_m$$

$$A_1 = 1/u_1 + 0.5/u_2 + 0/u_3 + \dots + 0/u_{10}$$

$$A_2 = 0.5/u_1 + 1/u_2 + 0.5/u_3 + \dots + 0/u_{10}$$

:

:

$$A_2 = 0/u_1 + \dots + 0.5/u_{10} + 1/u_{10}$$

Himpunan *fuzzy* yang dibentuk dapat dibuat matriks tiap-tiap himpunan *fuzzy*  $A_i$  sebanyak jumlah interval *fuzzy*. Hasil matriks himpunan *fuzzy* ditunjukkan pada tabel 4.11.

**Tabel 4.11 Matriks Himpunan Fuzzy Data ARR**

	U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	U8	U9	U10
A1	1	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0
A2	0,5	1	0,5	0	0	0	0	0	0	0
A3	0	0,5	1	0,5	0	0	0	0	0	0
A4	0	0	0,5	1	0,5	0	0	0	0	0
A5	0	0	0	0,5	1	0,5	0	0	0	0
A6	0	0	0	0	0,5	1	0,5	0	0	0
A7	0	0	0	0	0	0,5	1	0,5	0	0
A8	0	0	0	0	0	0	0,5	1	0,5	0
A9	0	0	0	0	0	0	0	0,5	1	0,5
A10	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	1

#### 4.3.2.4 Tentukan Fuzzy Logic Relationship (FLR)

Langkah selanjutnya yaitu menentukan *Fuzzy Logic Relationship* (FLR) pada setiap data ARR yang diperoleh dari tabel 4.10. FLR didapatkan dengan melihat hasil dari fuzzifikasi data ARR. Apabila  $F(t-1)$  difuzzifikasikan sebagai  $A_{i-1}$  dan  $F(t)$  difuzzifikasikan sebagai  $A_i$ , sehingga  $A_{i-1}$  mempunyai relasi dengan  $A_i$ .

Diambil contoh, terdapat relasi antara tanggal 04 Februari 2015 jam 00:00 ke 04 Februari 2015 jam 01:00. Mengacu tabel 4.10, tanggal 04 Februari 2015 jam 00:00 termasuk ke dalam himpunan fuzzy  $A_7$ , sedangkan tanggal 04 Februari 2015 jam 01:00 termasuk ke dalam himpunan fuzzy  $A_7$ . Dengan demikian, relasi antara  $A_7$  dan  $A_7$  dinamakan FLR. Relasi tersebut dapat dinotasikan dengan  $A_7 \rightarrow A_7$ . Hasil dari FLR ditunjukkan pada tabel 4.12.

**Tabel 4.12 Fuzzy Logic Relationship (FLR) Data ARR**

Tanggal Waktu	FLR
15-02-04 00:00:00 $\rightarrow$ 15-02-04 01:00:00	$A_7 \rightarrow A_7$
15-02-04 01:00:00 $\rightarrow$ 15-02-04 02:00:00	$A_7 \rightarrow A_1$
15-02-04 02:00:00 $\rightarrow$ 15-02-04 03:00:00	$A_1 \rightarrow A_1$
15-02-04 03:00:00 $\rightarrow$ 15-02-04 04:00:00	$A_1 \rightarrow A_1$
15-02-04 04:00:00 $\rightarrow$ 15-02-04 05:00:00	$A_1 \rightarrow A_1$
15-02-04 05:00:00 $\rightarrow$ 15-02-04 06:00:00	$A_1 \rightarrow A_1$
15-02-04 06:00:00 $\rightarrow$ 15-02-04 07:00:00	$A_1 \rightarrow A_1$
15-02-04 07:00:00 $\rightarrow$ 15-02-04 08:00:00	$A_1 \rightarrow A_1$
15-02-04 08:00:00 $\rightarrow$ 15-02-04 09:00:00	$A_1 \rightarrow A_1$
15-02-04 09:00:00 $\rightarrow$ 15-02-04 10:00:00	$A_1 \rightarrow A_1$
15-02-04 10:00:00 $\rightarrow$ 15-02-04 11:00:00	$A_1 \rightarrow A_1$
15-02-04 11:00:00 $\rightarrow$ 15-02-04 12:00:00	$A_1 \rightarrow A_1$
15-02-04 12:00:00 $\rightarrow$ 15-02-04 13:00:00	$A_1 \rightarrow A_1$
15-02-04 13:00:00 $\rightarrow$ 15-02-04 14:00:00	$A_1 \rightarrow A_1$
15-02-04 14:00:00 $\rightarrow$ 15-02-04 15:00:00	$A_1 \rightarrow A_1$
15-02-04 15:00:00 $\rightarrow$ 15-02-04 16:00:00	$A_1 \rightarrow A_1$

15-02-04 16:00:00 → 15-02-04 17:00:00	A1 → A1
15-02-04 17:00:00 → 15-02-04 18:00:00	A1 → A2
15-02-04 18:00:00 → 15-02-04 19:00:00	A2 → A2
15-02-04 19:00:00 → 15-02-04 20:00:00	A2 → A8
15-02-04 20:00:00 → 15-02-04 21:00:00	A8 → A10
15-02-04 21:00:00 → 15-02-04 22:00:00	A10 → A10
15-02-04 22:00:00 → 15-02-04 23:00:00	A10 → A10

#### 4.3.2.5 Tentukan *Fuzzy Logic Relationship Group* (FLRG)

Penentuan FLRG mengacu pada tabel 4.12 yang merupakan hasil FLR dari data historis. Apabila *current state* sama maka akan dikelompokkan menjadi satu *current state* dengan beberapa *next state* sesuai dengan FLR yang telah dibentuk. Diambil contoh,  $A_1$  memiliki beberapa *next state* yaitu  $A_1$ , dan  $A_2$ . Maka FLR dengan *current state*  $A_1$  dapat dikelompokkan menjadi satu. Hal tersebut dapat dinotasikan dengan  $A_1 \rightarrow A_1, A_2$ . Sedangkan apabila memiliki satu relasi yang berulang pada FLR maka cukup ditulis sekali pada FLRG. Hasil dari FLRG ditunjukkan pada tabel 4.13.

**Tabel 4.13 *Fuzzy Logic Relationship Group* (FLRG) Data ARR**

Current State	Next State
A1	A1, A2
A2	A2, A8
A3	-
A4	-
A5	-
A6	-
A7	A7, A1
A8	A10
A9	-
A10	A10

#### 4.3.2.6 Defuzzifikasi

Defuzzifikasi merupakan proses pencarian rata-rata nilai tengah (*midpoint*) dari setiap himpunan *fuzzy*  $A_i$  yang terdapat dalam FLRG, pada masing-masing interval  $A_i$ . Diambil contoh, pada *current state*  $A_1$  yang memiliki *next state*  $A_1, A_2$  dengan interval  $A_1 = [0 ; 10,6)$ , dan  $A_2 = [10,6 ; 21,2)$ . Maka hasil prediksi  $A_1$  merupakan rata-rata nilai tengah (*midpoint*) dari interval  $A_1, A_2$  yaitu  $m_1 = 5.3$ , dan  $m_2 = 15.9$ . Sehingga hasil prediksi  $A_1$  adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Prediksi } A_1 &= (5.3 + 15.9) / 2 \\ &= 10.6 \end{aligned}$$

Hasil dari defuzzifikasi ditunjukkan pada tabel 4.14.

**Tabel 4.14 Defuzzifikasi Data ARR**

Current State	Next State	Defuzzifikasi
A1	A1, A2	10.6
A2	A2, A8	47.7
A3	-	-
A4	-	-
A5	-	-
A6	-	-
A7	A7, A1	37.1
A8	A10	100.7
A9	-	-
A10	A10	100.7

#### 4.3.2.7 Peramalan

Langkah selanjutnya adalah menentukan hasil peramalan status siaga banjir. Penentuan hasil peramalan melihat dari hasil defuzzifikasi. Diambil contoh, pada tanggal 02 Februari 2015 jam 21:00 adalah data ke i, maka hasil peramalan pada tanggal dan jam ini didapatkan dari data i-1 yaitu tanggal 02 Februari 2015 jam 20:00 yang termasuk ke dalam himpunan *fuzzy*  $A_{10}$ . Sehingga didapatkan hasil peramalan pada tanggal 02 Februari 2015 jam 21:00 merupakan hasil defuzzifikasi dari himpunan  $A_{10}$  dengan nilai 100.7. Hasil dari peramalan keseluruhan data historis ditunjukkan pada tabel 4.15.

**Tabel 4.15 Hasil Peramalan Data ARR**

Tanggal Waktu	Data Aktual	Hasil Peramalan	Status
15-02-04 00:00:00	64.00	37.1	Normal
15-02-04 01:00:00	64.00	37.1	Normal
15-02-04 02:00:00	0.00	10.6	Normal
15-02-04 03:00:00	0.00	10.6	Normal
15-02-04 04:00:00	0.00	10.6	Normal
15-02-04 05:00:00	0.00	10.6	Normal
15-02-04 06:00:00	0.00	10.6	Normal
15-02-04 07:00:00	0.00	10.6	Normal
15-02-04 08:00:00	0.00	10.6	Normal
15-02-04 09:00:00	0.00	10.6	Normal
15-02-04 10:00:00	0.00	10.6	Normal
15-02-04 11:00:00	0.00	10.6	Normal
15-02-04 12:00:00	0.00	10.6	Normal
15-02-04 13:00:00	0.00	10.6	Normal
15-02-04 14:00:00	0.00	10.6	Normal
15-02-04 15:00:00	0.00	10.6	Normal
15-02-04 16:00:00	0.00	10.6	Normal
15-02-04 17:00:00	3.00	10.6	Normal
15-02-04 18:00:00	20.00	47.7	Normal

15-02-04 19:00:00	20.00	47.7	Normal
15-02-04 20:00:00	82.00	100.7	Siaga
15-02-04 21:00:00	101.00	100.7	Siaga
15-02-04 22:00:00	105.00	100.7	Siaga
15-02-04 23:00:00	105.00	100.7	Siaga

#### 4.3.2.8 Tentukan Nilai RMSE

Setelah didapatkan hasil peramalan semua data historis, maka langkah terakhir yaitu menentukan nilai kesalahan dengan menggunakan perhitungan RMSE berdasarkan persamaan 2.7. Nilai RMSE ditunjukkan pada tabel 4.16.

**Tabel 4.16 Nilai RMSE Data ARR**

Tanggal Waktu	Data Aktual	Hasil Peramalan	Status	$(\hat{y}_i - y_i)^2$
15-02-04 00:00:00	64.00	37.1	Normal	723.61
15-02-04 01:00:00	64.00	37.1	Normal	723.61
15-02-04 02:00:00	0.00	10.6	Normal	112.36
15-02-04 03:00:00	0.00	10.6	Normal	112.36
15-02-04 04:00:00	0.00	10.6	Normal	112.36
15-02-04 05:00:00	0.00	10.6	Normal	112.36
15-02-04 06:00:00	0.00	10.6	Normal	112.36
15-02-04 07:00:00	0.00	10.6	Normal	112.36
15-02-04 08:00:00	0.00	10.6	Normal	112.36
15-02-04 09:00:00	0.00	10.6	Normal	112.36
15-02-04 10:00:00	0.00	10.6	Normal	112.36
15-02-04 11:00:00	0.00	10.6	Normal	112.36
15-02-04 12:00:00	0.00	10.6	Normal	112.36
15-02-04 13:00:00	0.00	10.6	Normal	112.36
15-02-04 14:00:00	0.00	10.6	Normal	112.36
15-02-04 15:00:00	0.00	10.6	Normal	112.36
15-02-04 16:00:00	0.00	10.6	Normal	112.36
15-02-04 17:00:00	3.00	10.6	Normal	57.76
15-02-04 18:00:00	20.00	47.7	Normal	767.29
15-02-04 19:00:00	20.00	47.7	Normal	767.29
15-02-04 20:00:00	82.00	100.7	Siaga	349.69
15-02-04 21:00:00	101.00	100.7	Siaga	0.09
15-02-04 22:00:00	105.00	100.7	Siaga	18.49
15-02-04 23:00:00	105.00	100.7	Siaga	18.49
				14.59411982

#### 4.3.2.9 Tentukan Status Siaga Banjir

Status siaga banjir pada data ARR terdapat dua status, yaitu normal dan siaga. Dalam penentuan tersebut terdapat beberapa aturan, dikatakan status normal



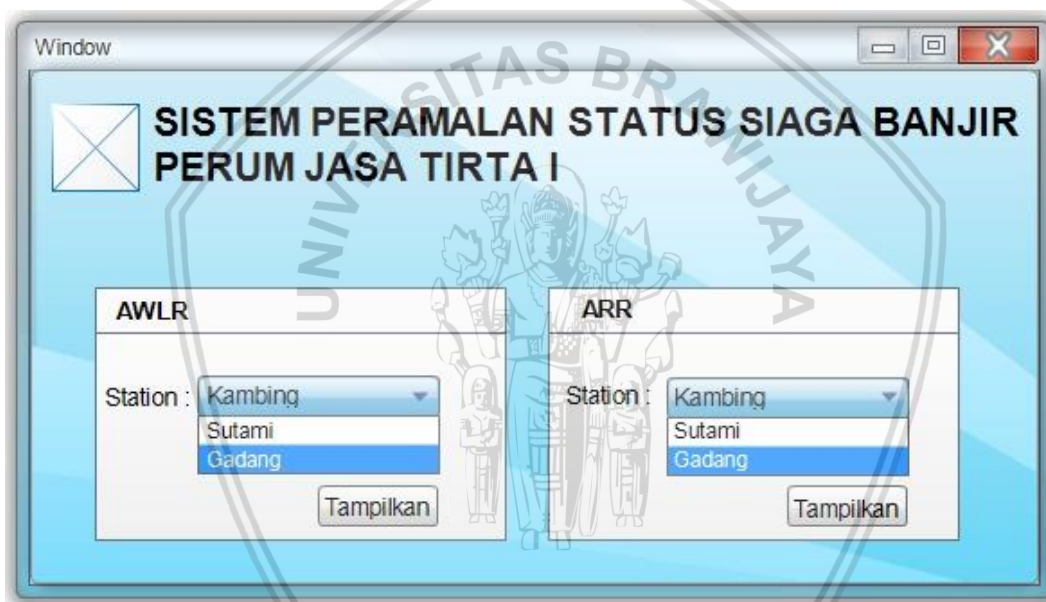
apabila nilai kumulatif kurang dari 100 mm, sedangkan status siaga apabila nilai kumulatif lebih dari atau sama dengan 100 mm.

#### 4.4 Perancangan Antarmuka

Perancangan antarmuka dibuat untuk memudahkan peneliti sebelum melakukan implementasi penerapan metode *fuzzy time series*. Perancangan antarmuka terdiri dari beberapa halaman yaitu halaman utama, tabel hasil peramalan, serta output berupa nilai RMSE dan status siaga.

##### 4.4.1 Perancangan Antarmuka Halaman Utama

Pada halaman ini pengguna diminta untuk memilih data status siaga dari *station* mana yang ingin ditampilkan, *form* AWLR atau ARR. Setelah menentukan *station* yang dipilih maka sistem akan menampilkan datanya. Perancangan antarmuka halaman utama ditunjukkan pada gambar 4.10.



Gambar 4.10 Perancangan Antarmuka Halaman Utama

##### 4.4.2 Perancangan Antarmuka Hasil Peramalan

Perancangan Antarmuka hasil peramalan merupakan tampilan data aktual dan hasil peramalan dari data yang telah dipilih sebelumnya. Jika pengguna memilih data AWLR maka sistem akan menampilkan data aktual dan hasil peramalan AWLR, begitu juga sebaliknya jika memilih data ARR. Perancangan antarmuka hasil peramalan ditunjukkan pada gambar 4.11.



Window

 **SISTEM PERAMALAN STATUS SIAGA BANJIR PERUM JASA TIRTA I**

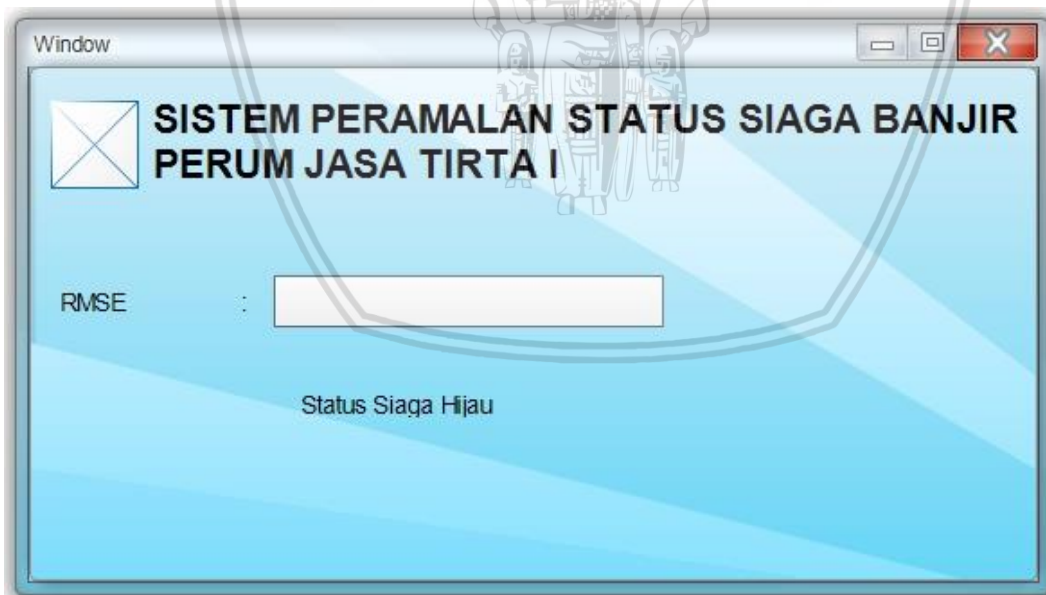
Data AWLR

Tanggal Waktu	Data Aktual	Hasil Peramalan


Gambar 4.11 Perancangan Antarmuka Hasil Peramalan

#### 4.4.3 Perancangan Antarmuka Halaman Output

Perancangan antarmuka halaman output merupakan tampilan hasil akhir dari proses perhitungan menggunakan metode *fuzzy time series*. Tampilan menunjukkan nilai RMSE dan status siaga banjir. Perancangan antarmuka halaman output ditunjukkan pada gambar 4.12.



Window

 **SISTEM PERAMALAN STATUS SIAGA BANJIR PERUM JASA TIRTA I**

RMSE :

Status Siaga Hijau

Gambar 4.12 Perancangan Antarmuka Halaman Output

## 4.5 Perancangan Pengujian Algoritma

### 4.5.1 Pengujian dengan Panjang Interval

Pengujian dengan menggunakan panjang interval dilakukan untuk mengetahui pengaruh interval terhadap nilai RMSE dan hasil peramalan. Dari masing-masing percobaan dihitung nilai RMSE untuk mengetahui berapa tingkat kesalahan dengan menggunakan metode *fuzzy time series*. Dalam pengujian ini dilakukan dengan mengubah nilai interval pada kelipatan tertentu sedangkan variabel lainnya tetap. Perancangan tersebut ditunjukkan pada tabel 4.11.

**Tabel 4.17 Pengujian dengan Panjang Interval**

Percobaan ke-	Interval	RMSE
1	3	
2	4	
3	5	
4	6	
5	7	
6	...	
7	...	
8	...	
9	...	
10	$n + 1$	

## BAB 5 IMPLEMENTASI

### 5.1 Implementasi Penggunaan Perangkat Lunak

Dalam implementasi sistem peramalan status siaga banjir dibutuhkan perangkat lunak diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Sistem Operasi Windows 10
2. Developing program Netbeans IDE 8.2
3. XAMPP Control Panel v3.2.2
4. Browser Google Chrome

### 5.2 Implementasi Penggunaan Perangkat Keras

Dalam implementasi sistem peramalan status siaga banjir dibutuhkan perangkat keras diantaranya adalah sebagai berikut:

5. *Processor* Intel® Core™ i5-7300HQ CPU @ 2.50GHz 2.50GHz
6. *Memory* 8,00 GB
7. *Harddisk* berkapasitas 1TB
8. SSD 256GB
9. Mouse

### 5.3 Implementasi Algoritma

#### 5.4.1 Implementasi Inisialisasi data ARR dan AWLR

No.	Kode Program
1	<code>void import_data(String query_latih, String query_uji,</code>
2	<code>String nama_tabel) {</code>
3	<code>String kolom = "";</code>
4	<code>double data_latih[], data_uji[];</code>
5	<code>String temp_query_tot;</code>
6	<code>int total_latih = 0, total_uji = 0;</code>
7	<code>if (nama_tabel.equalsIgnoreCase("tabel_arr")) {</code>
8	<code>kolom = "kumulatif";</code>
9	<code>} else {</code>
10	<code>kolom = "tma";</code>
11	<code>}</code>
12	<code>int i = 0;</code>
13	<code>String user = "root";</code>
14	<code>String pwd = "";</code>
15	<code>String host = "localhost";</code>
16	<code>String db = "db_jasa_tirta";</code>
17	<code>String urlValue = "";</code>
18	<code>urlValue = "jdbc:mysql://" + host + "/"</code>
19	<code>+ db + "?user=" + user</code>
20	<code>+ "&amp;password=" + pwd;</code>
21	<code>try {</code>
22	<code>temp_query_tot = query_latih.replace("?",</code>
23	<code>"count(*) as total");</code>

```

24      Class.forName("com.mysql.jdbc.Driver");
25      Connection conn =
26          DriverManager.getConnection(urlValue);
27      Statement st = conn.createStatement();
28      ResultSet rs = st.executeQuery(temp_query_tot);
29      while (rs.next()) {
30          total_latih = rs.getInt("total");
31      }
32      System.out.println(total_latih);
33      st.close();
34      conn.close();
35
36      } catch (SQLException | ClassNotFoundException e) {
37          System.out.println("koneksi atau sql = " +
38              e.toString());
39      }
40      data_latih = new double[total_latih];
41      try {
42          Class.forName("com.mysql.jdbc.Driver");
43          Connection conn =
44              DriverManager.getConnection(urlValue);
45          Statement st = conn.createStatement();
46          ResultSet rs1 = st.executeQuery(query_latih);
47          i=0;
48          while (rs1.next()) {
49              data_latih[i] = rs1.getDouble(kolom);
50              i++;
51          }
52          st.close();
53          conn.close();
54
55      } catch (SQLException | ClassNotFoundException e) {
56          System.out.println("koneksi atau sql = " +
57              e.toString());
58      }
59      //data uji
60      try {
61          temp_query_tot = query_uji.replace("*",
62              "count(*) as total");
63          Class.forName("com.mysql.jdbc.Driver");
64          Connection conn =
65              DriverManager.getConnection(urlValue);
66          Statement st = conn.createStatement();
67          ResultSet rs2 =
68              st.executeQuery(temp_query_tot);
69          while (rs2.next()) {
70              total_uji = rs2.getInt("total");
71          }
72          System.out.println(total_uji);
73          st.close();
74          conn.close();
75
76      } catch (SQLException | ClassNotFoundException e) {
77          System.out.println("koneksi atau sql = " +
78              e.toString());
79      }
80      data_uji = new double[total_uji];
81      System.out.println(data_uji.length);
82      try {

```

```

83      Class.forName("com.mysql.jdbc.Driver");
84      Connection conn =
85          DriverManager.getConnection(urlValue);
86      Statement st = conn.createStatement();
87      ResultSet rs3 = st.executeQuery(query_uji);
88      i = 0;
89      while (rs3.next()) {
90          data_uji[i] = rs3.getDouble(kolom);
91          i++;
92      }
93      st.close();
94      conn.close();
95
96      } catch (SQLException | ClassNotFoundException e) {
97          System.out.println("koneksi atau sql = " +
98              e.toString());
99      }
100     setData_latih(data_latih);
101     setData_uji(data_uji);
102 }

```

### Kode Program 5.1 Inisialisasi data ARR dan AWLR

Tahap pertama dalam implementasi peramalan status siaga banjir yaitu proses inisialisasi data ARR dan AWLR yang ditunjukkan pada Kode Program 5.1. Berikut ini adalah penjelasannya:

- Baris 1-2 : Deklarasi method bernama `import_data` dengan tipe `void` yang di dalamnya terdapat parameter `query_latih`, `query_uji`, dan `nama_tabel` dengan tipe `String`.
- Baris 3 : Inisialisasi variabel `kolom` dengan tipe data `String`.
- Baris 7-11 : Proses pemberian nilai untuk variabel `kolom` yaitu nilai kumulatif untuk data ARR dan nilai TMA untuk data AWLR.
- Baris 25-26 : Proses untuk melakukan koneksi ke database.
- Baris 27-28 : Proses eksekusi query yang kemudian disimpan kedalam variabel `rs`.
- Baris 29-31 : Proses pengambilan nilai dari variabel `rs`, yang kemudian disimpan kedalam variabel `total_latih`.
- Baris 32 : Perintah untuk mencetak `total_latih`.
- Baris 42-46 : Proses mengkoneksikan ke database dan proses eksekusi query yang kemudian disimpan kedalam variabel `rs1`.
- Baris 47-51 : Proses pengambilan nilai dari variabel `rs1`, yang kemudian disimpan kedalam variabel `data_latih`.
- Baris 63-68 : Proses mengkoneksikan ke database dan proses eksekusi query yang kemudian disimpan kedalam variabel `rs2`.
- Baris 69-71 : Proses Pengembalian nilai dari variabel `rs2`, yang kemudian disimpan dalam variabel `total_uji`.



Baris 84-87 : Proses mengkoneksikan ke database dan proses eksekusi query yang kemudian disimpan kedalam variabel rs3.

Baris 89-92 : Proses pengambilan nilai dari variabel rs1, yang kemudian disimpan dalam variabel data\_latih.

Baris 100-101: Proses set nilai data\_latih dan data\_uji.

#### 5.4.2 Implementasi Himpunan Semesta $U$

No.	Kode Program
1	public int[] getU(double data[]) {
2	double max = data[0];
3	double min = data[0];
4	int[] U = new int[2];
5	for (double a : data) {
6	if (a > max) {
7	max = a;
8	}
9	if (a < min) {
10	min = a;
11	}
12	}
13	U[0] = (int) Math.floor(min);
14	U[1] = (int) Math.floor(max) + 1;
15	System.out.println("max " + max);
16	System.out.println("min " + min);
17	System.out.println("-----");
18	System.out.println("U0 " + U[0]);
19	System.out.println("U1 " + U[1]);
20	return U;
21	}

**Kode Program 5.2 Himpunan Semesta  $U$**

Tahap selanjutnya yaitu membentuk himpunan semesta  $U$  yang ditunjukkan pada Kode Program 5.2. Berikut ini adalah penjelasannya:

Baris 1 : Deklarasi method getU.

Baris 2-4 : Inisialisasi awal nilai max dan min.

Baris 5-12 : Pencarian nilai max dan min dari data historis yang digunakan.

Baris 13-14 : Memberikan nilai kepada U berdasarkan nilai min dan max.

Baris 15 : Perintah return U.

#### 5.4.3 Implementasi Jumlah Interval *Fuzzy*

No.	Kode Program
1	double[] getRange(int interval, int[] U) {
2	double selisih = U[1] - U[0];
3	double temp = selisih / interval;
4	double range[] = new double[interval + 1];
5	BigDecimal temp_range = BigDecimal.valueOf(U[0]);
6	System.out.println(temp);
7	for (int i = 0; i < range.length; i++) {
8	range[i] = temp_range.doubleValue();

9	temp_range =
10	temp_range.add(BigDecimal.valueOf(temp));
11	System.out.print(range[i] + ", ");
12	}
13	System.out.println("");
14	return range;
15	}

#### Kode Program 5.3 Jumlah Interval Fuzzy

Setelah implementasi pembentukan himpunan semesta  $U$ , selanjutnya yaitu menentukan jumlah interval fuzzy yang ditunjukkan pada kode program 5.3. Berikut ini adalah penjelasannya:

- Baris 1 : Deklarasi method `getRange`.
- Baris 2 : Proses menghitung selisih antara  $U[0]$  dengan  $U[1]$ .
- Baris 3 : Proses menghitung nilai setiap range.
- Baris 6-10 : Proses pembentukan range sejumlah interval yang telah ditentukan
- Baris 11 : Perintah `return range`.

#### 5.4.4 Implementasi Fuzzifikasi

No.	Kode Program
1	String[] fuzzifikasi(double[] data, double[] range) {
2	String data_fuzzi[] = new String[data.length];
3	for (int i = 0; i < data.length; i++) {
4	data_fuzzi[i] = getIndex(range, data[i]);
5	//System.out.println(data_fuzzi[i]);
6	}
7	return data_fuzzi;
8	}
9	
10	public String getIndex(double[] range, double data) {
11	String hasil = "";
12	for (int j = 0; j < range.length - 1; j++) {
13	if (data >= range[j] && data <= range[j + 1]) {
14	hasil = "A" + (j + 1);
15	}
16	}
17	return hasil;
18	}

#### Kode Program 5.4 Fuzzifikasi

Tahap selanjutnya yaitu proses fuzzifikasi yang ditunjukkan pada Kode Program 5.4. Berikut ini adalah penjelasannya:

- Baris 3-5 : Proses fuzzifikasi untuk semua data yang ada, proses dilakukan pada kode program baris ke 11-15.
- Baris 6 : Return `data_fuzzi`.
- Baris 11-15 : Pemberian kode tertentu untuk setiap data yang ada, dengan range yang telah ditentukan. Contoh kodenya adalah A1 sampai dengan

jumlah interval yang telah ditentukan atau dapat disimbolkan A1, A2, ..., An.

Baris 16 : Perintah return hasil.

#### 5.4.5 Implementasi *Fuzzy Logic Relationship* (FLR)

No.	Kode Program
1	String[] getNextState(String[] data) {
2	String data_next[] = new String[data.length - 1];
3	for (int i = 0; i < data_next.length; i++) {
4	data_next[i] = data[i + 1];
5	}
6	return data_next;
7	}

#### Kode Program 5.5 *Fuzzy Logic Relationship* (FLR)

Tahap selanjutnya yaitu pembentukan FLR yang ditunjukkan pada Kode Program 5.5. Berikut ini adalah penjelasannya:

Baris 3-5 : Proses untuk mencari *next state* dari data yang telah difuzzifikasi, *next state* data didapatkan dari data dengan index setelah data yang sedang dicari.

Baris 6 : Perintah return data\_next.

#### 5.4.6 Implementasi *Fuzzy Logic Relationship Group* (FLRG)

No.	Kode Program
1	for (int j = 0; j < next_state.length; j++) { //flrg
2	if (data[j].equalsIgnoreCase(distinc[i])) {
3	while (!temp1.contains(next_state[j]))
4	{
5	temp1.add(next_state[j]);
6	}
7	}
8	}

#### Kode Program 5.6 *Fuzzy Logic Relationship Group* (FLRG)

Tahap selanjutnya yaitu pembentukan FLRG dengan melihat hasil dari FLR, prosesnya ditunjukkan pada Kode Program 5.6. Berikut ini adalah penjelasannya:

Baris 1-4 : Proses mengelompokkan data *next state* berdasarkan data *state*, pengelompokan dilakukan untuk setiap data *state* yang ada.

#### 5.4.7 Implementasi Defuzzifikasi

No.	Kode Program
1	double[] defuzzifikasi(String[] data, String[] next_state,
2	String[] distinc, double[] median, double[]
3	data_asli) {
4	double next_value[] = new double[distinc.length];
5	for (int i = 0; i < distinc.length; i++) {
6	List temp1 = new ArrayList();
7	for (int j = 0; j < next_state.length; j++) {
8	if (data[j].equalsIgnoreCase(distinc[i])) {

```

9         while (!temp1.contains(next_state[j]))
10     {
11         temp1.add(next_state[j]);
12     }
13     }
14     }
15     BigDecimal tot = BigDecimal.valueOf(0);
16     for (int j = 0; j < temp1.size(); j++) {
17         for (int k = 0; k < distinc.length; k++) {
18             if (temp1.get(j).equals(distinc[k])) {
19                 tot = tot.add(BigDecimal.valueOf
20                     (median[k]));
21             }
22         }
23     }
24     double rata2;
25     if (tot.doubleValue() > 0) {
26         rata2 = tot.doubleValue() / temp1.size();
27     } else {
28         rata2 = 0;
29     }
30     next_value[i] = rata2;
31     System.out.println(temp1 + " = " + rata2);
32 }
33 System.out.println("=====");
34 return next_value;
35 }
36
37 double[] get_median(double[] range) {
38     double[] median = new double[range.length - 1];
39     for (int i = 0; i < median.length; i++) {
40         BigDecimal pertama = BigDecimal.valueOf
41             (range[i]);
42         BigDecimal kedua = BigDecimal.valueOf(range[i +
43             1]);
44         BigDecimal temp = pertama.add(kedua).divide
45             (BigDecimal.valueOf(2));
46         double rata2 = temp.doubleValue() / 2;
47         median[i] = temp.doubleValue();
48         //System.out.println(median[i]);
49     }
50     return median;
51 }

```

#### Kode Program 5.7 Defuzzifikasi

Tahap selanjutnya yaitu proses defuzzifikasi yang ditunjukkan pada Kode Program 5.7. Berikut ini adalah penjelasannya:

- Baris 5-32 : Proses defuzzifikasi untuk setiap data *state* yang ada.
- Baris 7-14 : Proses pembentukan FLRG, Penjelasannya dapat dilihat pada kode program 5.6.
- Baris 16-23 : Proses perhitungan nilai total dari setiap kelompok *next state* yang ada (setiap data *state*).
- Baris 25-29 : Proses pencarian nilai rata-rata dari nilai total yang telah dihasilkan, nilai rata-rata didapatkan dari pembagian nilai total dengan jumlah

*next state* yang ada pada suatu data *state*. Pembagian akan dilakukan jika nilai total lebih dari 0.

Baris 34 : Perintah return *next\_value*.

Baris 39-48 : Proses pencarian nilai median / nilai tengah dari setiap range yang ada.

Baris 49 : Perintah return median.

#### 5.4.8 Implementasi Peramalan

No.	Kode Program
1	<code>double[] ramal(double next_value[], String distinc[],</code>
2	<code>String[] data) {</code>
3	<code>    double hasil[] = new double[data.length];</code>
4	<code>    for (int i = 0; i &lt; data.length; i++) {</code>
5	<code>        for (int j = 0; j &lt; distinc.length; j++) {</code>
6	<code>            if (data[i].equalsIgnoreCase(distinc[j])) {</code>
7	<code>                hasil[i] = next_value[j];</code>
8	<code>            }</code>
9	<code>        }</code>
10	<code>    }</code>
11	<code>    return hasil;</code>
12	<code>}</code>
13	
14	

**Kode Program 5.8 Peramalan**

Tahap selanjutnya yaitu menentukan hasil peramalan dengan menggunakan metode *fuzzy time series* yang ditunjukkan pada Kode Program 5.8. Berikut ini adalah penjelasannya:

Baris 4-10 : Proses untuk mencari nilai dari setiap data yang telah difuzzifikasikan.

Baris 12 : Perintah return hasil.

#### 5.4.9 Implementasi Nilai RMSE

No.	Kode Program
1	<code>double rmse(double[] data_asli, double[] data_hasil_ramal)</code>
2	<code>{</code>
3	<code>    double tot = 0;</code>
4	<code>    for (int i = 0; i &lt; data_asli.length; i++) {</code>
5	<code>        double temp = Math.pow((data_hasil_ramal[i] -</code>
6	<code>            data_asli[i]), 2);</code>
7	<code>        tot += temp;</code>
8	<code>    }</code>
9	<code>    double bagi = tot / data_asli.length;</code>
10	<code>    double rmse = Math.sqrt(bagi);</code>
11	<code>    return rmse;</code>
12	<code>}</code>

**Kode Program 5.9 Nilai RMSE**

Setelah hasil peramalan didapatkan maka tahap selanjutnya yaitu menentukan nilai *error* dengan menggunakan RMSE yang ditunjukkan pada Kode Program 5.9. Berikut ini adalah penjelasannya:

- Baris 4-8 : Proses mencari nilai total untuk keseluruhan data yang ada.
- Baris 9 : Proses pembagian nilai total dengan jumlah data yang ada.
- Baris 10 : Proses akar kuadrat dari hasil pembagian yang telah dilakukan.
- Baris 11 : Perintah return rmse.

#### 5.4.10 Implementasi Status Siaga Banjir

No.	Kode Program
1	String get_status(double data, int kategori) { //1 arr, 0
2	awlr
3	if (kategori == 1) {
4	if (data < 100) {
5	return "Normal";
6	} else if (data >= 100) {
7	return "Siaga";
8	}
9	}
10	if (kategori == 0) {
11	if (data < 10) {
12	return "Normal";
13	} else if (data >= 10 && data < 10.5) {
14	return "Siaga Hijau";
15	} else if (data >= 10.5 && data < 11) {
16	return "Siaga Kuning";
17	} else if (data >= 11) {
18	return "Siaga Merah";
19	}
20	}
21	return "";
22	}

**Kode Program 5.10 Status Siaga Banjir**

Tahap terakhir yaitu menentukan status siaga banjir berdasarkan data AWLR dan ARR yang ditunjukkan pada Kode Program 5.10. Berikut ini adalah penjelasannya:

- Baris 3-9 : Proses pemberian status untuk data ARR.
- Baris 10-20 : Proses pemberian status untuk data AWLR.

#### 5.4.11 Implementasi Antarmuka

Implementasi antarmuka pada sistem peramalan status siaga banjir dengan menggunakan algoritma *fuzzy time series* memiliki tampilan output berupa informasi hasil peramalan serta status siaganya. Pada tampilan antarmuka terdapat pilihan *combo box* data untuk memilih data ARR atau AWLR. Untuk data ARR yang digunakan dalam penelitian ini yaitu data pada bulan Februari 2015, sedangkan data AWLR menggunakan data pada bulan Desember 2016. Terdapat juga inputan jumlah interval untuk menentukan berapa jumlah interval yang akan



digunakan. Pada antarmuka terdapat hasil nilai *error* RMSE, dimana nilai ini yang akan menentukan seberapa akurat hasil peramalan dengan menggunakan algoritma *fuzzy time series*. Output status pada data ARR berupa normal dengan ketentuan data kurang dari 100m, dan siaga dengan ketentuan data lebih dari sama dengan 100m. Sedangkan output status pada data AWLR berupa normal jika data kurang dari 10m, siaga hijau data lebih dari sama dengan 10m dan kurang dari 10.5m, status siaga kuning data lebih dari sama dengan 10.5m dan data kurang dari 11m, serta dikatakan siaga merah jika data lebih dari sama dengan 11m. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 5.1 dan 5.2.

**SISTEM PERAMALAN STATUS SIAGA BANJIR  
PERUM JASA TITRA I**

Pilih Data:  RMSE:

Pilih Tanggal:  Status:

Jumlah Interval:

Peramalan untuk data ARR

No	Tanggal	Data Aktual	Status Aktual	Data Hasil Peram...	Status Ramal
1	2015-02-22 00:00...	0.0	Normal	0.05	Normal
2	2015-02-22 01:00...	0.0	Normal	0.05	Normal
3	2015-02-22 02:00...	0.0	Normal	0.05	Normal
4	2015-02-22 03:00...	0.0	Normal	0.05	Normal
5	2015-02-22 04:00...	0.0	Normal	0.05	Normal
6	2015-02-22 05:00...	0.0	Normal	0.05	Normal
7	2015-02-22 06:00...	0.0	Normal	0.05	Normal
8	2015-02-22 07:00...	0.0	Normal	0.05	Normal
9	2015-02-22 08:00...	0.0	Normal	0.05	Normal
10	2015-02-22 09:00...	0.0	Normal	0.05	Normal
11	2015-02-22 10:00...	0.0	Normal	0.05	Normal
12	2015-02-22 11:00...	0.0	Normal	0.05	Normal
13	2015-02-22 12:00...	0.0	Normal	0.05	Normal
14	2015-02-22 13:00...	0.0	Normal	0.05	Normal
15	2015-02-22 14:00...	0.0	Normal	0.05	Normal
16	2015-02-22 15:00...	0.0	Normal	0.05	Normal
17	2015-02-22 16:00...	0.0	Normal	0.05	Normal
18	2015-02-22 17:00...	0.0	Normal	0.05	Normal
19	2015-02-22 18:00...	0.0	Normal	0.05	Normal
20	2015-02-22 19:00...	0.0	Normal	0.05	Normal
21	2015-02-22 20:00...	0.0	Normal	0.05	Normal
22	2015-02-22 21:00...	0.0	Normal	0.05	Normal
23	2015-02-22 22:00...	0.0	Normal	0.05	Normal
24	2015-02-22 23:00...	0.0	Normal	0.05	Normal

**Gambar 5.1 Antarmuka Output Data AWLR**

**SISTEM PERAMALAN STATUS SIAGA BANJIR  
PERUM JASA TITRA I**

Pilih Data:  RMSE:

Pilih Tanggal:  Status:

Jumlah Interval:

Peramalan untuk data AWLR

No	Tanggal	Data Aktual	Status Aktual	Data Hasil Peram...	Status Ramal
1	2016-12-02 00:00...	7.93	Normal	7.999999999999...	Normal
2	2016-12-02 01:00...	7.91	Normal	7.999999999999...	Normal
3	2016-12-02 02:00...	7.89	Normal	7.999999999999...	Normal
4	2016-12-02 03:00...	7.87	Normal	7.999999999999...	Normal
5	2016-12-02 04:00...	7.87	Normal	7.999999999999...	Normal
6	2016-12-02 05:00...	7.83	Normal	7.999999999999...	Normal
7	2016-12-02 06:00...	7.87	Normal	7.999999999999...	Normal
8	2016-12-02 07:00...	8.16	Normal	8.285714285714...	Normal
9	2016-12-02 08:00...	8.63	Normal	10.0	Siaga Hijau
10	2016-12-02 09:00...	10.19	Siaga Hijau	9.428571428571...	Normal
11	2016-12-02 10:00...	10.29	Siaga Hijau	9.428571428571...	Normal
12	2016-12-02 11:00...	10.52	Siaga Kuning	9.428571428571...	Normal
13	2016-12-02 12:00...	9.9	Normal	10.28571428571...	Siaga Hijau
14	2016-12-02 13:00...	10.17	Siaga Hijau	9.428571428571...	Normal
15	2016-12-02 14:00...	8.3	Normal	8.285714285714...	Normal
16	2016-12-02 15:00...	8.12	Normal	7.999999999999...	Normal
17	2016-12-02 16:00...	8.08	Normal	7.999999999999...	Normal
18	2016-12-02 17:00...	8.04	Normal	7.999999999999...	Normal
19	2016-12-02 18:00...	8.02	Normal	7.999999999999...	Normal
20	2016-12-02 19:00...	8.02	Normal	7.999999999999...	Normal
21	2016-12-02 20:00...	7.95	Normal	7.999999999999...	Normal
22	2016-12-02 21:00...	7.93	Normal	7.999999999999...	Normal
23	2016-12-02 22:00...	7.91	Normal	7.999999999999...	Normal
24	2016-12-02 23:00...	7.87	Normal	7.999999999999...	Normal

Gambar 5.2 Antarmuka Output Data ARR

## BAB 6 PENGUJIAN

### 6.1 Pengujian Data AWLR

Pada pengujian terhadap data AWLR ini menggunakan data di *Station* Kambing dalam satu bulan yaitu bulan Desember 2016 dimana pada bulan tersebut terdapat 744 data. Data tersebut digunakan untuk meramalkan status siaga di jam berikutnya. Data latih yang digunakan sebanyak 24 data, sedangkan data uji sebanyak 24 data sehari setelah data latih. Misal data latih pada tanggal 02 Desember 2016 jam 00:00:00 sampai 02 Desember 2016 jam 23:00:00, data uji yang digunakan yaitu tanggal 03 Desember 2016 jam 00:00:00 sampai 03 Desember 2016 jam 23:00:00. Begitu seterusnya sampai akhir bulan Desember 2016, dimana data latih tanggal 31 Desember 2016 jam 00:00:00 sampai 31 Desember 2016 jam 23:00:00. Penentuan data latih dan uji seperti ini bertujuan untuk mencari hasil peramalan sebaik mungkin dikarenakan range datanya yang tidak seimbang.

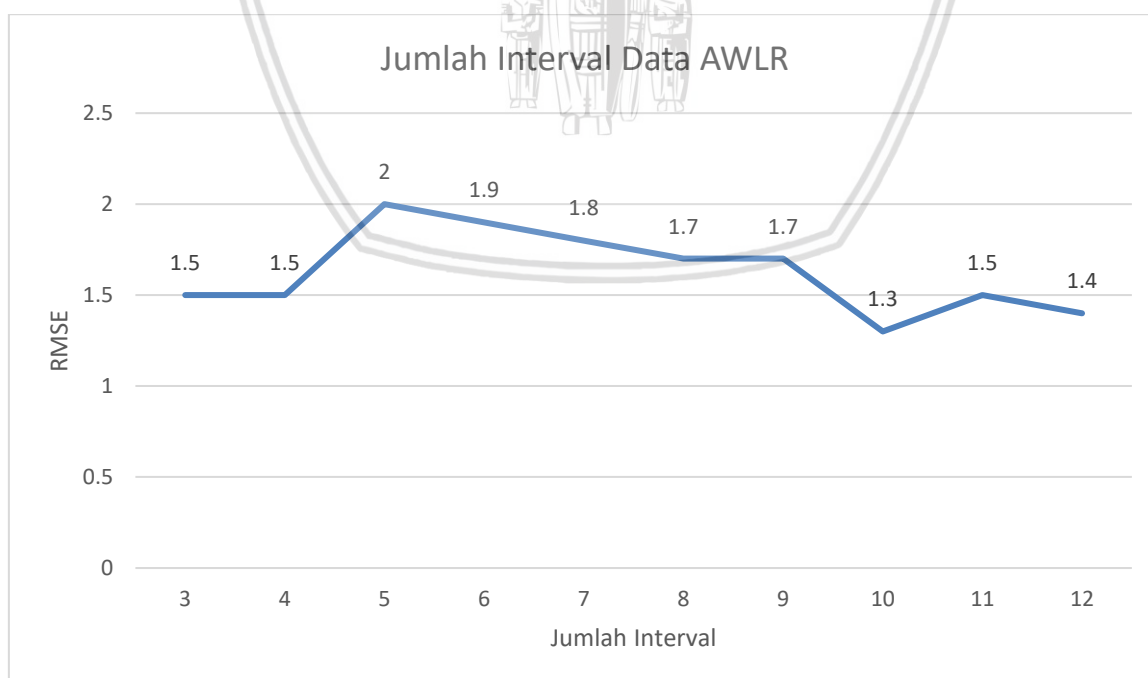
#### 6.1.1 Pengujian Jumlah Interval

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh jumlah interval terhadap nilai RMSE. Percobaan pengujian dilakukan sebanyak 10 kali dengan ketentuan data latih yang digunakan sebanyak 24 data dan data ujinya menggunakan data satu hari setelah data latih sebanyak 24 data. Misal data latih yang digunakan yaitu pada tanggal 01 Desember 2016 dari jam 00:00:00 sampai jam 23:00:00, maka data uji yang digunakan yaitu pada tanggal 02 Desember 2016 dari jam 00:00:00 sampai jam 23:00:00. Begitu seterusnya sampai tanggal 31 Desember 2016, yang kemudian dari masing-masing jumlah interval akan di cari nilai rata-rata. Berdasarkan dari Tabel 6.1 dapat dilihat bahwa nilai RMSE yang paling kecil yaitu pada tanggal 30 Desember 2016 dimana nilainya dibawah satu, sedangkan tanggal yang lainnya nilai RMSE yang dihasilkan cukup tinggi.

**Tabel 6.1 Hasil Pengujian Jumlah Interval Data AWLR**

Percobaan ke-	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Jumlah Interval	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Tanggal										
2016-12-02	0.4	0.4	2	0.1	0.3	1.8	0.4	1.8	1.9	0.6
2016-12-03	1	0.6	3.2	2.1	1.9	2	3.1	0.4	1	3.5
2016-12-04	0.5	0.6	4.1	0.6	0.4	2.8	2.2	4	0.8	4.1
2016-12-05	2.3	2.3	3.3	2.3	2.3	2.9	2.3	3.3	2.9	2.3
2016-12-06	3.7	0.7	3	3.5	3	3.4	3.4	3	0.4	3.4
2016-12-07	0.6	0.5	0.6	0.5	2.9	0.3	0.2	2.3	0.6	0.2
2016-12-08	1.4	0.8	0.4	2.7	0.7	0.9	0.4	0.4	1.9	3.4
2016-12-09	3.3	4.3	4.7	3.7	3.2	2.2	0.8	0.1	3.8	4.2
2016-12-10	3.6	3.6	3.6	4.6	3.7	0.6	0.6	3.6	0.8	3.6

2016-12-11	3.6	3.5	3.5	3.6	5.8	2.9	0.3	0.7	0	1.6
2016-12-12	0.6	0.5	0.7	0.8	1.1	4.9	0.8	0.9	2.9	0.7
2016-12-13	3.3	3.2	3.3	3.2	3.6	3.2	3.2	0.6	1.2	0.7
2016-12-14	1.2	0.8	2.7	4.1	2.4	3.1	3.7	0.4	2.8	0.1
2016-12-15	0.6	0.7	0.8	0.4	0.9	0.4	2.5	0.7	1	0.5
2016-12-16	1.6	0.7	2.7	1.7	0	3.2	2.8	3.2	0.6	1.9
2016-12-17	1.5	2.5	0.7	2.7	2.7	2.4	2.4	3.1	1.7	0.4
2016-12-18	1	0.6	1.7	1.8	1.6	1.6	0.9	1.6	1.5	0.9
2016-12-19	1.5	0.7	1.7	2.2	2	0.5	1.7	0.5	1.9	0.3
2016-12-20	1.3	1.3	0.9	1.5	1.3	1.5	2.6	0.7	0.9	0.7
2016-12-21	1.6	0.5	1	1.2	1.7	0.4	0.3	2.4	1.9	1.8
2016-12-22	2.3	1.9	1.3	2.3	2.2	1.8	1.8	2	1.8	0.8
2016-12-23	1.3	0.6	1.5	2.3	0.9	0.8	3.2	0.8	3.7	0.7
2016-12-24	1.2	0.8	0.5	0.7	0.4	0.4	0.4	0.3	0.6	0.5
2016-12-25	1.1	2.4	3	2.4	2.4	2.3	2.9	3	2.4	0.4
2016-12-26	0.8	0.5	1	0.9	0.7	0.4	0.5	0.6	0.5	0.5
2016-12-27	1.2	0.8	3	1.7	2.4	0.6	2.7	3	0.7	0.7
2016-12-28	0.7	1.3	0.7	1.1	1.3	2.8	1.9	1.1	2.7	0.7
2016-12-29	0.8	0.6	2	0.5	0.6	0.6	0.5	1.6	0.7	0.5
2016-12-30	0.9	0.5	0.4	0.8	0.7	0.3	0.6	0.2	0.8	0.8
2016-12-31	1.3	0.8	1.7	1.3	1.8	0.6	0.4	0.6	0.3	0.3
Rata-rata	1.5	1.5	2	1.9	1.8	1.7	1.7	1.3	1.5	1.4



**Gambar 6.1 Grafik Hasil Pengujian Jumlah Interval Data AWLR**

Berdasarkan hasil pengujian jumlah interval yang ditampilkan pada Gambar 6.1, dapat dilihat bahwa dengan jumlah interval = 10 memiliki nilai RMSE yang paling rendah sebesar 1.3. Sedangkan nilai RMSE tertinggi ditunjukkan pada jumlah interval = 5 dengan nilai RMSE sebesar 2. Berdasarkan grafik tersebut nilai RMSE yang dihasilkan cenderung mengalami penurunan. Hal tersebut dipengaruhi oleh range interval yang cukup kecil yang berarti pada satu interval nilai datanya semakin rapat, sehingga pada proses penentuan nilai tengah dari tiap interval semakin kecil.

## 6.2 Pengujian Data ARR

Pada pengujian terhadap data ARR ini menggunakan data di *Station* Kambing dalam satu bulan yaitu bulan Februari 2015 dimana pada bulan tersebut terdapat 672 data. Data tersebut digunakan untuk meramalkan status siaga di jam berikutnya. Data latih yang digunakan sebanyak 24 data, sedangkan data uji sebanyak 24 data sehari setelah data latih. Misal data latih pada tanggal 02 Februari 2015 jam 00:00:00 sampai 02 Februari 2015 jam 23:00:00, data uji yang digunakan yaitu tanggal 03 Februari 2015 jam 00:00:00 sampai 03 Februari 2015 jam 23:00:00. Begitu seterusnya sampai akhir bulan Februari 2015, dimana data latih tanggal 28 Februari 2015 jam 00:00:00 sampai 28 Februari 2015 jam 23:00:00. Penentuan data latih dan uji seperti ini bertujuan untuk mencari hasil peramalan sebaik mungkin dikarenakan range datanya yang tidak seimbang.

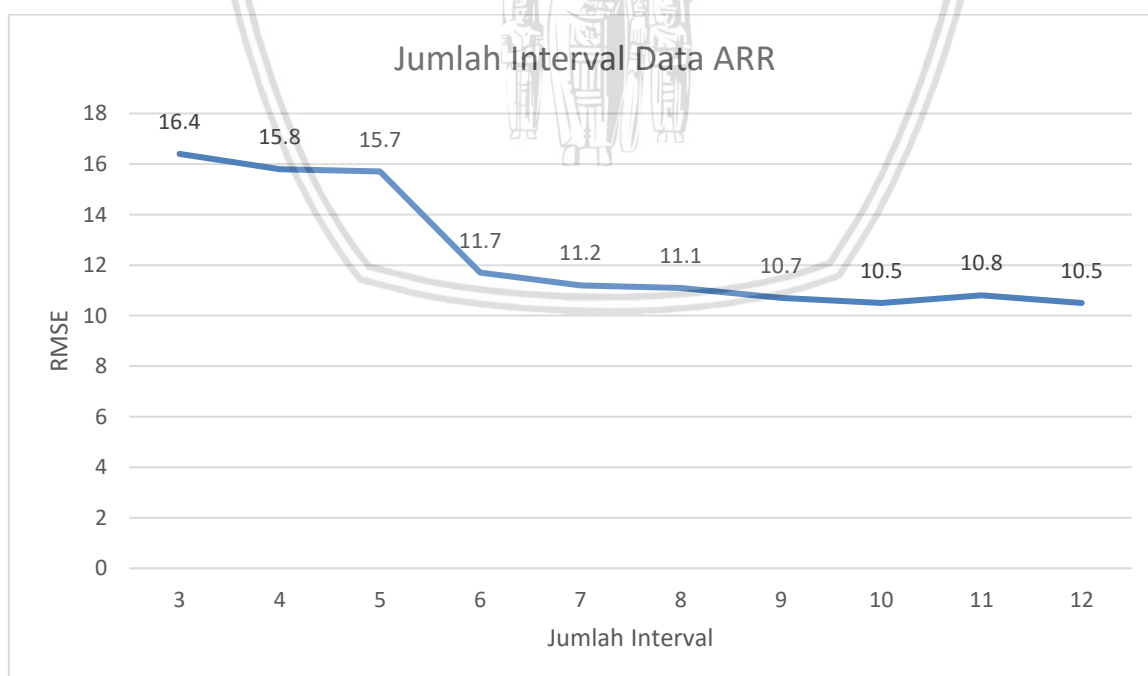
### 6.2.1 Pengujian Jumlah Interval

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh jumlah interval terhadap nilai RMSE. Percobaan pengujian dilakukan sebanyak 10 kali dengan ketentuan data latih yang digunakan sebanyak 24 data dan data ujinya menggunakan data satu hari setelah data latih sebanyak 24 data. Misal data latih yang digunakan yaitu pada tanggal 01 Februari 2015 dari jam 00:00:00 sampai jam 23:00:00, maka data uji yang digunakan yaitu pada tanggal 02 Februari 2015 dari jam 00:00:00 sampai jam 23:00:00. Begitu seterusnya sampai tanggal 28 Februari 2015 yang kemudian dari masing-masing jumlah interval akan di cari nilai rata-rata. Berdasarkan dari Tabel 6.1 dapat dilihat bahwa nilai RMSE yang paling kecil yaitu pada tanggal 22 Februari 2015 dimana nilainya dibawah satu, sedangkan tanggal yang lainnya nilai RMSE yang dihasilkan cukup tinggi.

**Tabel 6.2 Hasil Pengujian Jumlah Interval Data ARR**

Percobaan ke-	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Jumlah Interval	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Tanggal										
2015-02-02	46.7	46.9	46.4	46.6	46.7	45.7	45.7	45.6	52.4	45.5
2015-02-03	24.8	28.9	40.3	42.5	39.8	41.7	39.5	36.2	34.9	36.0
2015-02-04	45.3	41.8	44.0	42.2	43.4	42.2	43.1	44.8	45.5	44.8
2015-02-05	44.2	43.7	34.9	15.1	12.9	11.2	10.0	8.9	11.9	10.9
2015-02-06	17.8	13.3	10.7	8.9	7.6	6.6	5.9	5.3	4.8	4.4

2015-02-07	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
2015-02-08	1.5	1.1	1.2	1.3	1.1	1.1	1.2	1.0	1.1	1.1
2015-02-09	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2
2015-02-10	9.3	9.3	9.3	9.3	8.6	8.6	8.6	8.6	9.4	9.4
2015-02-11	3.5	3.5	3.3	3.1	3.7	3.5	3.4	3.3	3.2	3.1
2015-02-12	33.7	33.7	33.9	33.9	33.9	33.8	33.8	33.8	33.8	33.8
2015-02-13	82.8	82.8	82.8	3.2	3.6	3.2	3.2	3.6	3.2	3.7
2015-02-14	19.5	14.4	11.4	9.3	7.9	6.8	6.0	5.3	4.8	4.3
2015-02-15	4.7	4.8	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7
2015-02-16	4.7	4.8	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7
2015-02-17	9.6	9.8	10.5	10.0	10.5	10.1	10.5	10.3	10.3	10.3
2015-02-18	6.5	6.5	6.5	6.5	1.9	1.6	1.4	1.3	1.2	1.1
2015-02-19	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3
2015-02-20	4.6	4.6	4.4	3.7	3.8	3.9	4.0	4.0	3.7	3.7
2015-02-21	1.5	1.1	1.2	1.3	1.1	1.1	1.2	1.0	1.1	1.1
2015-02-22	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0
2015-02-23	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4
2015-02-24	7.1	7.9	6.3	7.0	6.0	6.6	7.0	6.3	6.7	6.1
2015-02-25	3.8	2.8	2.2	1.9	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0	0.9
2015-02-26	21.9	21.9	21.9	21.9	21.9	21.9	21.9	21.9	21.9	21.9
2015-02-27	14.9	11.1	13.2	11.0	9.4	10.9	4.9	4.4	4.0	3.7
2015-02-28	8.2	6.1	4.9	4.1	3.5	3.1	2.7	2.4	2.2	2.0
Rata-rata	16.4	15.8	15.7	11.7	11.2	11.1	10.7	10.5	10.8	10.5



**Gambar 6.2 Grafik Hasil Pengujian Jumlah Interval Data ARR**

Berdasarkan hasil pengujian jumlah interval yang ditampilkan pada Gambar 6.1, dapat dilihat bahwa dengan jumlah interval = 10 memiliki nilai RMSE yang



paling rendah sebesar 10.5. Sedangkan nilai RMSE terendah ditunjukkan pada jumlah interval = 3 dengan nilai RMSE sebesar 16.4. Berdasarkan grafik tersebut semakin besar jumlah interval maka semakin kecil nilai RMSE yang dihasilkan, yaitu mengalami penurunan. Hal tersebut dipengaruhi oleh range interval yang cukup kecil yang berarti pada satu interval nilai datanya semakin rapat, sehingga pada proses penentuan nilai tengah dari tiap interval semakin kecil.

### **6.3 Perbandingan Data Aktual dengan Hasil Peramalan Menggunakan *Fuzzy Time Series***

Pada bagian ini akan melakukan analisis mengenai perbandingan antara data aktual dengan data hasil peramalan menggunakan algoritma *fuzzy time series*. Berdasarkan hasil peramalan yang didapatkan hasil yang terbaik yaitu pada data AWLR dimana nilai peramalannya tidak jauh berbeda dengan data aktual, sedangkan pada data ARR nilai peramalannya berbeda dengan data aktual. Hal ini dapat disebabkan karena selisih antara jam sebelum dan jam berikutnya terpaut sangat jauh, di tiap jamnya curah hujan yang dihasilkan tidak pasti sehingga hasil yang didapatkan jauh berbeda dengan data aktual. Karena berbedanya selisih antara jam sebelum dan berikutnya berpengaruh pada penentuan FLRG dimana proses ini yang akan menentukan hasil peramalan. Kemungkinan lain yaitu juga dapat disebabkan karena berbagai faktor diantaranya kelembaban, arah angin, tekanan udara dan lain sebagainya. Hasil peramalan data AWLR dan ARR dapat dilihat pada lampiran A dan B.

## BAB 7 PENUTUP

### 7.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil berdasarkan pengujian sesuai rumusan masalah yang telah dijelaskan sebelumnya, diantaranya sebagai berikut:

1. Dalam melakukan implementasi algoritma *Fuzzy Time Series* untuk peramalan status siaga banjir berdasarkan data ARR dan AWLR terdapat beberapa langkah yang harus dilakukan. Langkah pertama yaitu menentukan semesta pembicaraan, dimana himpunan *fuzzy* akan didefinisikan. Langkah kedua yaitu menentukan jumlah interval dimana jumlahnya ditentukan oleh pengguna. Langkah ketiga yaitu mendefinisikan himpunan himpunan *Fuzzy  $A_i$*  sesuai dengan banyaknya jumlah interval. Langkah keempat yaitu melakukan fuzzifikasi data historis. Langkah kelima yaitu menentukan FLR (*Fuzzy Logical Relationship*), setelah terbentuk maka akan dikelompokkan. Pengelompokan tersebut biasa dinamakan dengan FLRG (*Fuzzy Logical Relationship*). Langkah selanjutnya yaitu melakukan proses defuzzifikasi data historis serta menghitung nilai peramalannya. Langkah terakhir yaitu mencari nilai *error* dengan menggunakan RMSE.
2. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, pada data tinggi muka air (AWLR) dengan range waktu satu bulan yaitu bulan Desember 2016 dimana pada bulan tersebut terdapat 744 data. Data latih yang digunakan sebanyak 24 data dan data uji sebanyak 24 data sehari setelah data latih didapatkan nilai RMSE sebesar 2.89. Sedangkan pada data curah hujan (ARR) data latih dan data ujinya sama dengan AWLR, hanya saja data yang dipakai yaitu pada bulan Februari 2015. Pada data ARR nilai RMSE yang didapatkan sebesar 16.04. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, parameter yang digunakan yaitu jumlah interval sebesar 10. Kedua data tersebut menghasilkan peramalan status siaga banjir yaitu NORMAL.

### 7.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan dari hasil penelitian, peneliti memberikan saran diantaranya:

1. Diharapkan pada penelitian selanjutnya dalam melakukan peramalan status siaga banjir menggunakan data tinggi muka air (AWLR) dan curah hujan (ARR) dengan metode *Fuzzy Time Series* ini dapat ditambahkan dengan proses optimasi atau yang lainnya.
2. Melihat nilai RMSE yang dihasilkan, penggunaan metode *Fuzzy Time Series* pada data curah hujan hasilnya cukup tinggi yang artinya hasil peramalannya kurang baik. Hal ini disebabkan karena selisih antara data setiap jamnya terlalu jauh sehingga berpengaruh pada pembentukan FLRG. Sehingga penelitian selanjutnya dibutuhkan pengoptimalan data AWLR dan ARR

menggunakan perhitungan normalisasi data berdasarkan jamnya sebelum melakukan proses dari metode yang akan diimplementasikan.



## DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, Lazim, dan Ling, Chai Yoke, 2012. *Intervals in Fuzzy Time Series Model Preliminary Investigation for Composite Index Forecasting*. AJJS Journal. Malaysia.
- Assauri, S., 1984. *Teknik dan Metoda Peramalan Penerapannya Dalam Ekonomi dan Dunia Usaha*. Jakarta: Lembaga Penerbit Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia.
- Bowerman, B. & O'Connell, R., 1993. *Forecasting and Time Series: An Applied Approach*. Boston: Duxbury Press.
- Chen, H.-W., Wang, Z.-C., Kuo, S.-Y. & Chou, Y.-H., 2016. A Novel Method for Stock Forecasting Based on Fuzzy Time Series combined with Longest Common/Repeat Sub-sequence. *IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics*.
- Chen, S. M., 1996. *Forecasting Enrollments Based on Fuzzy Time Series*. *Fuzzy Sets and System*. 81, 311-319.
- Dani, S. & Sharma, S., 2013. Forecasting Rainfall of a Region by Using Fuzzy Time Series. *Asian Journal of Mathematics and Application*.
- Hanke, J. E. & Wichers, D. W., 2005. *Business Forecasting Eight Edition*. New Jersey: Pearson Prentice hall.
- Hasibuan, . G. M., 2004. *Model Koordinasi Kelembagaan Pengelolaan Banjir Perkotaan Terpadu*. Medan: Disertasi Perencanaan Wilayah USU.
- IDEP. (2007). *Panduan Umum Penanggulangan Bencana Berbasis Masyarakat*. Edisi ke-2. Bali: Yayasan IDEP.
- K.Huarng, 2001. *Effective Lengths of Intervals to Improve Forecasting in Fuzzy Time Series*. *Fuzzy Sets and System*, vol. 123.
- Kaushik, A. & Singh, A. K., 2013. Long Term Forecasting with Fuzzy Time Series and Neural Network: a comparative study using. *International Journal of Computer Trends and Technology (IJCTT)*, Volume 4.
- Kuo, S.-c.et al., 2016. A Steady-State Probabilities Model for Fuzzy Time Series Forecasting. *IIAI International Congress on Advanced Applied Informatics*.
- Kusumadewi, Sri dan Purnomo, Hari, 2010. *Aplikasi Logika Fuzzy*. Cetakan Pertama. Yogyakarta: Graham Ilmu.
- Makridakis, 1999. *Metode dan Aplikasi Peramalan*. Edisi 2. Jakarta: Binarupa Aksara.
- Petronio, C. L., Sadaei, H., J., and Frederico, G.,G, 2016. *Interval Forecasting with Fuzzy Time Series*.

- Puspitasari, E., Linawati, L. & Parhusip, H. A., 2012. *Peramalan Persentase Perubahan Data Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG) dengan Fuzzy Time Series*.
- Ratmaniar, S. R., R. & Rosminar, 2013. *Jurnal Tentang Banjir*. Makassar: Jurusan Pendidikan Fisika: UIN Alauddin.
- Setyawan, P., 2012. *Pengembangan Sistem Monitoring Telemetry GSM Berbasis Desktop, Web dan Mobile*.
- Song, Q, dan Chissom, B, 1993. *Forecasting Enrollments with Fuzzy Time Series*. Fuzzy Sets and System 62: 1-8.
- Spiegel, R. Murray & Stephens, Larry J, 2007. *Statistik*. Edisi Ketiga. Jakarta: Erlangga. ISBN 978-979-015-189-5.
- Sugiarto dan Harijono, 2008. *Peramalan Bisnis*. PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Supranto, Johaness, 1993. *Metode Ramalan Kuantitatif untuk Perencanaan Ekonomi dan Bisnis*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Suripin, 2003. *Sistem Drainase Perkotaan Berkelanjutan*. Yogyakarta: Penerbit ANDI
- Tanuwijaya, K. & Chen, S. M., 2009. A New Method to Forecast Enrollments Using Fuzzy Time Series and Clustering Techniques. *Proceedings of the Eighth International Conference on Machine Learning and Cybernetics, Baoding*.
- Tsaur, R.-C. (2012). Fuzzy Time Series-Markov Chain Model With an Application to Forecast the Exchange Rate Between the Taiwan and US Dollar. *International Journal of Innovative Computing, Information and Control*.
- Vamitha , V., Jeyanthi, M., Rajaram , S. & Revathi, T., 2012. Temperature Prediction Using Fuzzy Time Series and Multivariate Markov Chain. *International Journal of Fuzzy Mathematics and System*, Volume 2.
- Z. Ismail and R. Efendi, 2011. *Enrollment Forecasting Based on Modified Weight Fuzzy Time Series*. Journal of Artificial Intelligence. vol.4.
- Zadeh, L. A., 1965. *Fuzzy Sets, Information and Control*. 8, 338-353.